

Sami Yrjösuuri

Kestävä kehitys pientalon korjausrakentamisessa

Tarkastelussa lämmöneristeen lisääminen

Opinnäytetyö

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Toukokuu 2016

Tekijä (tekijät)	Tutkinto	Aika
Sami Yrjösuuri	Insinööri (AMK)	Toukokuu 2016
Opinnäytetyön nimi Kestävä kehitys pientalon korjausrakentamisessa Tarkastelussa lämmöneristeen lisääminen		68 sivua 47 liitesivua
Toimeksiantaja Kymenlaakson ammattikorkeakoulu		
Ohjaaja Anu Kuusela, lehtori		
<p>Tiivistelmä Kestävä kehitys on maailmanlaajuisesti, alueellisesti ja paikallisesti tapahtuvaa ohjattua yhteiskunnallista muutosta, jonka tavoitteena on turvata nykyisille ja tuleville sukupolville hyvät elämisen mahdollisuudet. Kestävä kehitys jaetaan ekologiseen, taloudelliseen, sosiaaliseen ja kulttuurilliseen kehitykseen.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella sitä, kuinka kestävä kehitys näkyy korjausrakentamisessa. Opinnäytetyön lähtökohtana oli tutkimuksen ohjaajan havainto siitä, että kestävä kehitystä korjausrakentamisessa ei ole opinnäytteenä aikaisemmin tutkittu. Korjausrakentaminen on laaja aihe, joten tutkimusta rajattiin koskemaan pientaloa ja tarkemmaksi tutkimisen kohteeksi valittiin lämmöneristeen lisääminen. Lämmöneristeen lisäämisen osalta oli tarkoitus tutkia eri lämmöneristeitä kestävä kehityksen näkökulmista ja selvittää esimerkkitalon puitteissa investoinnin suuruus ja energiasäästämisen vaikutuksesta tapahtuva investoinnin takaisinmaksu.</p> <p>Opinnäyte perustuu pääasiallisesti alan kirjallisuuteen, lakeihin, asetuksiin ja muihin alan julkaisuihin. Esimerkkitalon rakenteiden lämpö- ja kosteusarvojen tutkimisessa käytettiin D.O.F Tech Oy:n DOF-Lämpö -ohjelmaa. E-lukujen laskemisessa käytettiin Kymdatan Cads House -ohjelmaa. Kymdatan Cads House -ohjelmalla tehtiin rakennuspiirustukset.</p> <p>Korjausrakentamista voidaan toteuttaa kaikkia kestävä kehityksen neljän kestävyiden mukaisesti koskien: suunnittelua, valvontaa, työntoteuttamista ja rakennustarvikkeiden valintaa. Rakennustarvikkeiden osalta myös lämmöneristeitä voidaan valita kestävä kehityksen perusteella.</p> <p>Lämmöneristeiden lisääminen on mahdollista toteuttaa Suomen rakentamismääräysten mukaisesti osana korjausrakentamista. Sen annattavuus pientaloissa riippuu siitä, kuinka pitkä takaisinmaksuaika lämmöneristeen lisäämiselle hyväksytään. Esimerkkitalolle investointien takaisinmaksuaika on vähintään 21 vuotta. Vaihtoehtona lämmöneristeiden lisäämiselle tuotiin rakenteiden tiivistäminen, jonka tuomaa säästöä ei pystytty tuomaan esille. Tiivistäminen lisää asumismukavuutta vedon ja kylmien lattiapintojen poistuessa.</p>		
Asiasanat Kestävä kehitys, korjausrakentaminen, energiatehokkuus, lämmöneristeen lisääminen		

Author Sami Yrjösuuri	Degree Bachelor of Engineering	Time May 2016
Thesis Title Sustainable Development in Renovation Focus on Adding of Heat Insulators		68 pages 47 pages of appendices
Commissioned by Kymenlaakson University of Applied Sciences		
Supervisor Anu Kuusela, Senior Lecturer		
<p>Abstract</p> <p>Sustainable development is development that supplies the needs of modern society without making admissions on expense of future generations. Sustainable development pursues economic growth while maintaining the good quality of nature to generations to come. Sustainable development has four dimensions: economical, ecological, social and cultural development.</p> <p>The objective of the thesis was to examine how sustainable development can be seen in renovation. The thesis was based on the supervisor's observation that sustainable development on renovation has not researched before as thesis. The study was delimited to concern one-family house, and adding heat insulation was chosen as the more exact target of the study. As for the adding of the heat insulation, the purpose was to examine different heat insulations from the point of view of sustainable development and to define size of the investment and the payback of the investment, which takes place from the effect of the energy saving within an example house.</p> <p>This thesis is mainly based on relevant literature, laws, regulation and other publications of the field. In the examination of the calorific values and humidity of the structures of the example house, D.O.F Tech Ltd DOF -Lämpö software was used. In the calculation of the annual energy consumption E , a Kyndata Cads House programme was used. The construction drawings were made with the Kyndata Cads House programme.</p> <p>The renovation can be carried out based on the four dimensions of the sustainable development; planning, supervision, construction and choice of building supplies. As for or the building supplies the heat insulators can also be chosen based on the sustainable development. It is possible to carry out the adding of heat insulators according to Finland's building regulations as a part of the renovation. Its profitability in one-family houses depends on how long a repayment period is accepted. The payback period of investments for the example house is at least 21 years. The savings brought by the sealing of structures was brought as an alternative for the adding of heat insulators, but its benefits could not be proved. The sealing will, however, increase living convenience when the draughty and the cold floor areas disappear.</p>		
<p>Keywords</p> <p>sustainable development, renovation, energy efficiency, increasing thermal insulation</p>		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	10
2	KESTÄVÄ KEHITYS.....	11
2.1	Kestävän kehityksen ja korjausrakentamisen synergia	12
2.1.1	Ekologinen kestävyys korjausrakentamisessa	12
2.1.2	Taloudellinen kestävyys korjausrakentamisessa	19
2.1.3	Sosiaalinen kestävyys korjausrakentamisessa	24
2.1.4	Kulttuurillinen kestävyys korjausrakentamisessa	28
3	PITKÄN TÄHTÄIMEN SUUNNITELMA (PTS), KUNTOARVIO JA KUNTOTUTKIMUS KORJAUSRAKENTAMISESSA	29
4	ENERGIAN KULUTUS JA ENERGIAREMONTTI.....	30
4.1	Energiankulutus	31
4.2	Korjausrakentaminen ja energiatehokkuus.....	33
5	LÄMMÖNERISTEET JA NIIDEN LISÄÄMINEN	38
5.1	Lämmöneristeet ja kestävä kehitys.....	41
5.1.1	Lämmöneristeiden ekologisuus.....	41
5.1.2	Lämmöneristeiden taloudellinen kestävyys.....	44
5.1.3	Lämmöneristeiden sosiaalinen kestävyys, eli lämmöneristeen terveys-, kosteus- ja paloturvallisuusomaisuudet	47
5.1.4	Lämmöneriste ja kulttuurinen kestävyys	49
5.2	Lämmöneristeen lisäämisen toteuttaminen	49
5.2.1	Esimerkkikohteen lämmöneristeen lisääminen	53
5.2.2	Säästöt esimerkkitalon aikaan lämmöneristeen lisäämisellä	54
6	ESIMERKKINÄ OLEVA PIENTALO	58
7	LOPUKSI.....	59
	LÄHTEET	63

LIITTEET

Liite 1 Kuntotutkimus

Liite 2 Lämmöneristeiden lisäämisen lämpötila- ja kosteuslaskelmat

Liite 3 Kustannusarvio

Liite 4 Pitkän tähtäimen suunnitelma

Liite 5 Rakennuspiirustukset

Liite 6 Korjaustyöseloste

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

Diffuusio	tarkoittaa veden osalta sitä, että vesi liikkuu vesihöyryn muodossa rakenteen läpi. Tämän saa aikaan rakenteen eri puolilla olevat erisuuruiset höyrynpaineet.
Diffuusioavoin	on materiaali tai rakenne, jossa molekyyliuotoinen vesihöyry pääsee liikkumaan rakenneosien läpi. Diffuusioavointa rakennetta kutsutaan usein hengittäväksi rakenteeksi.
Elinkaari	tarkoittaa perättäisiä ja toisiinsa liittyviä vaiheita luonnonvarojen käyttöön otosta aina siihen asti, kunnes aine on poistunut kokonaan käytöstä. Elinkaarella voidaan myös tarkoittaa kokonaisuuden, kuten pientalon, ikää rakentamisesta purkamiseen.
E-luku	on rakennuksen kokonaisenergiankulutus, arvo on kWh _E / (m ² vuosi).
Energiatehokkuus	tarkoittaa energian tehokasta käyttöä ja kasvihuonepäästöjen vähentämistä kustannustehokkaalla tavalla.
Hengittävä rakenne	tarkoittaa rakennetta, johon voi helposti diffuusion avulla siirtyä vesihöyryä ja jossa vesihöyry voi sitoutua rakenteessa olevaan materiaaliin. Materiaalista vesi voi vapautua välittömästi tai myöhemmin ympäristöön. Katso kosteuskapasiteetti.
Hiilijalanjälki	kuvaava hiilidioksidipäästöjä, jotka aiheuttavat ilmaston lämpenemistä. Rakennusten elinkaaren hiilijalanjälkilaskennassa tarkastellaan rakennuksen koko elinkaarta rakennusmateriaalien valmistuksesta käyttövaiheen ja korjausten kautta rakennuksen purkuun sekä jätevirtojen loppuhyödyntämiseen (kg CO ₂ -ekv).
Hiilivarasto	on hiilen siirtymistä olomuodosta ja varastosta toiseen. Hiiltä on ympärillämme erilaisissa olomuodoissa ja monissa eri hiilivarastoina toimivissa paikoissa. Hiilidioksidivarastojen kasvu vähentää ilmakehässä olevaa hiilidioksidia, joka on ilmaston lämpenemisen perussyitä. Suurimpia hiilivarastoja ovat valtameret sekä metsien ja kasvien biomassa.

Huoltokirja	tarkoittaa maankäyttö- ja rakennuslaissa mainittua rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjetta. Tämä liittyy rakennuksen elinkaareen ja sen hallintaan. Tähän kootaan kaikki rakennusta koskevat lähtötiedot, tehtävät ja käytetyt pintamateriaalit, kuten maalit.
Ilmanvaihto	on rakennuksen sisäilman vaihtamista ulkoilmaan ja ilman puhdistamista. Ilmanvaihdon menetelmiä ovat painovoimainen ja koneellinen poistoilmanvaihto. Painovoimainen ilmanvaihto perustuu lämpötilojen välisen eron ja tuulen vaikutukseen. Koneellisessa poistoilmanvaihdossa on käytössä kahta tekniikkaa: pelkkä koneellinen poistoilmanvaihto ja koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Koneellisessa poistoilmanvaihdossa ilma poistetaan rakennuksesta koneellisesti ja korvausilmansaanti hoidetaan erillisten venttiilien kautta tai epätiiviksi suunniteltujen ulkoikkunoiden ja ulko-ovien liitosten kautta. Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa sekä ilman tulo että poisto hoidetaan hallitusti koneellisesti.
Ilmanvuotoluku	on tekninen mittausarvo, joka kuvaa koko talon tiiviyyttä (ennen 2012 rakentamismääräyksiä n_{50} , nykyään q_{50}). q_{50} tarkoittaa 50 Pascalin alipaineessa rakenteiden läpi virtaavan vuotoilmanmäärän suhteessa rakennuksen vaipan pinta-alaan yhden tunnin aikana.
Jäännösarvo	tarkoittaa investoinnin arvoa investointiajanjakson lopulla.
Konduktio	Lämpö voi siirtyä johtumalla aineesta toiseen, mikäli aineet ovat kosketuksissa toisiinsa. Johtuminen tapahtuu aina korkeammasta matalampaan lämpötilaan.
Konvektio	tapahtuu, kun kaasu tai neste liikkuu lämpötila- tai paine-erojen vaikutuksesta. Lämmön konvektiossa lämpö siirtyy liikkuvan aineen mukana. Lämpötilaeroista johtuva konvektio on luonnollista, ulkopuolisen voiman vaikutuksesta tapahtuva konvektio on pakotettua.
Korjausrakentaminen	tarkoittaa tässä opinnäytetyössä toimintaa, jolla rakennuksen tai sen osien kuntoa ylläpidetään tai parannetaan paremmin soveltumaan tarkoitukseensa.

Korjausvelka	kertoo, paljonko rakennuksiin olisi pitänyt investoida, jotta ne olisivat hyvässä kunnossa. Korjausvelka syntyy, kun ennakoivasta kunnossapidosta tingitään ja tehdään vain välttämättömiä, kiireellisiä korjauksia. Kunnossapito on siis vähäisempää kuin rakenteiden kuluminen.
Kosteuskapasiteetti	tarkoittaa materiaalin kykyä sitoa ja luovuttaa kosteutta. Tämä tasaa kosteuden liikkumista esimerkiksi seinärakenteen sisällä. Puhuttaessa hengittävästä rakenteesta tarkoitetaan usein juuri rakennetta, jolla on kosteuskapasiteettiä.
Kuntoarvio	tarkoittaa rakennuksen tms. kunnon ja korjaustarpeen selvittämistä yleensä aistinvaraisesti ja kokemuksiin perustuen. Keskeinen osa kuntoarviota on raportti.
Kuntotutkimus	tarkoittaa rakennuksen tms. yksityiskohtaista tutkimista. Kuntotutkimuksessa voidaan käyttää rakenteita rikkovia menetelmiä. Keskeinen osa kuntotutkimusta on raportti.
Käyttöikä	tarkoittaa käyttöönoton jälkeistä aikaa, jolloin rakenteen tai rakennusosan toimivuusvaatimukset täyttyvät. Toimivuusvaatimukset sisältävät hoidon, huollon ja kunnossapidon.
Lämmöneriste	on materiaali, jonka tehtävän on estää ilmavirtauksia, lämmön johtumista ja lämpösäteilyä.
Lämmönjohtavuus	($\lambda = \textit{lamda}$) ilmoittaa lämpö määrän, joka siirtyy sekunnissa neliömetrin ja metrin paksuisen homogeenisen ainekerroksen läpi, kun lämpötilaero pintojen välillä on 1°C tai 1K.
Lämmön johtuminen	on lämmön siirtymistä aineen sisällä.
Rakennusala	koostuu eri rakentamisen maa- ja vesirakentamisen osa-alueista. Näitä ovat mm. suunnittelu, valvonta, rakentaminen ja ylläpitäminen. Osa-alueisiin kuuluu maanrakennusala, rakennustuoteteollisuus ja talonrakennus.
Rakennushanke	voi olla joko uudis-, korjausrakentamista tai purkua. Useisiin hankkeisiin liittyy erityyppistä rakentamista.

Riskirakenne on rakenne, joka on erilaisten vaurioitumismekanismien takia altis vaurioitumiselle.

Sairas rakennus –oireyhtymä

Rakennus, jonka käyttäjillä esiintyy tavallista enemmän erilaisia terveyteen liittyviä oireiluja (esim. hengitystieinfektioita, päänsärkyä, iho-oireita, silmien ärsyntyntymistä jne.).

Suunniteltu käyttöikä tarkoittaa suunnittelijan, rakennuttajan tai rakentajan määrittämää käyttöikävaatimusta.

Talonrakennusala keskittyy talonrakentamisen osa-alueisiin, kuten suunniteluun, valvontaan, rakentamiseen ja ylläpitoon.

Tekninen käyttöikä on aika, jonka rakennus tai rakennuksen osa teknisesti kestää. Tekninen käyttöikä on rakennuksissa yleensä hyvin pitkä, eikä se yleensä määritä rakennuksen elinkaarta.

U-arvo tarkoittaa rakenteen lämmönläpäisyominaisuutta. Luku perustuu rakenteessa olevien erirakennusosien lämmönläpäisykertoimeen huomioituna osien paksuudet, arvona on W/m^2K .

Uudelleenkäyttöarvo on käytössä poistetun tai purkamalla rakenteesta irrotetun materiaalin tai rakennusosan arvo uudelleenkäytettynä. Arvo riippuu sekä laadusta/kunnosta että hyödyllisyydestä uudelleenkäytettynä.

Uusiokäyttö tarkoittaa kierrätystä.

1 JOHDANTO

Kestävä kehitys on prosessi, jonka määritelmä muuttuu ja saa eri tulkintoja eri toimijoiden välisessä vuoropuhelussa (Valtioneuvosto 2006, 31). Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus tutkia kestävästä kehityksestä ja korjausrakentamista. Korjausrakentamisessa keskitytään lämmöneristeen lisäämiseen.

Rakentamisen kirjallisuudessa esiintyy erilaisia sanoja, kuten tässäkin opinnäytetyössä. Sanoilla on mielestäni kuitenkin monia merkityksiä, ja usein niitä käytetään ajattelematta niiden merkitystä. Yksi näistä sanoista on elinkaari, joka esiintyy jatkuvasti kestävästä kehityksestä eri osa-alueilla. Onko elinkaariajattelu oikea tapa lähestyä kestävästä kehityksestä? Elinkaari sanana pitää sisällään ajanjakson, jolla on sekä alku että loppu, ja siinä on mielestäni jonkinlainen kuluttamisen tai kulutushyödykkeen sävy. Tämä sävy on mielestäni ainakin jokin verran ristiriidassa vähintään kestävästä kehityksen ekologisuuden kanssa, sillä usein elinkaaren pituus ei ole saman kuin tekninen käyttöikä. Elinkaaren käyttäminen ohjaa kuluttamaan, siis vaihtamaan uuteen eikä korjaamaan. Rakennustuotteiden osalta palaan myöhemmin niiden ekologisuuteen.

Opinnäytetyöni esimerkkitalo on 1953 valmistunut omakotitalo. Julkisivua on huoltomaalattu ainakin kerran, viemärit on uusittu, vesikate on uusittu 1985 ja ikkunoihin on asennettu kolmas lasi. Onko talo tullut elinkaarensa päähän? Kuinka paljon rakennusta pitää korjata, jotta elinkaarta saadaan jatkettua? Todennäköisesti ainakin kulunut käyttövesiputkisto on vaihdettava, jotta rakennuksen käyttö on edelleen mahdollista. Mutta onko esimerkiksi ikkunat vaihdettava uusiin ja energiaa säästäviin malleihin, jotka jopa toimivat ilmastovaihto- ja lämmöntalteenottolaitteena? Tai pitääkö noin kolmekymmentä vuotta vanha peltinen vesikate uusiksi kauniilla tiiliprofiloidulla ja erityisellä pinnoitteella olevalla kattopellillä?

Jos asiaa kysyy tuotteiden edustajilta, asennusta suorittavissa yrityksiltä tai jopa rakennusalan asiantuntijoilta, niin helposti todetaan: ”kyllä nämä kannattaisi vaihtaa”. Tuotteitaan tai asennustaan myyvä yritys on eri asia kuin rakennusalan ammattilainen, sillä ammattilaisen puhuessa asiaan perehtymättömälle vaikkapa ikkunoiden elinkaaresta, niin onko tuo sama kuin sanoisi ne on vaihdettava? Mielestäni vesikatteen ja ikkunoiden kohdalla vaihtaminen tulee kysymykseen vain siinä tapauksessa, että niitä ei voi enää kunnostaa. Ikku-

noiden kohdalla tuon myöhemmin esille ikkunan vaihdon kustannuslaskelmat ja energiansäästöjen kautta tulevan takaisinmaksuajan. Mikäli ikkunat ovat kaksilehtiset (siis kaksilasiset), ikkunan sisäpintaan voidaan asentaa kolmas lasi, joka parantaa ikkunan U-arvoa.

Mietitään 2000-luvulla rakennetun elementtikerrostaloa vesivahinkoineen ja 100 vuotta vanhaa hirsirunkoista omakotitaloa, jolle ei ole tehty juurikaan mitään korjaustoimenpiteitä. Miten elinkaari sopii näihin esimerkkeihin? Totta on se, että monilla rakennustuotteilla on esimerkiksi sään tai suunniteltua kovemman rasituksen tuomasta rasituksesta selkeä elinkaari, mutta parempi olisi käyttää termiä käyttöikä tai tekninen käyttöikä. Tällöin jokaisen asian, yksittäisen rakennustuotteen/-osan tai kokonaisen rakennuksen kohdalla puhutaan niiden käyttöiästä/teknisestä käyttöiästä. Tämän takia asioista tulisi monimutkaisia, koska esimerkiksi pientalo pitää sisällään eri rakennustuotteita, joilla voi olla erilainen tekninen käyttöikä. Puurungon tekninen käyttöikä on vähintään sata vuotta ja ikkunan tiivisteiden tekninen käyttöikä on muutama vuosi. Olisi siis eriteltävä jokainen rakennustuote puhuttaessa rakennuksen on teknisestä käyttöiästä. Siksi käytän opinnäytteessäni termiä elinkaari, kuten käyttävät lähes kaikki tähän opinnäytetyöhön lukemani kirjallisuuden kirjoittajat.

Opinnäytetyön tutkimusmetodina on kirjallisuustutkimus. Pyrin tuomaan eri kirjallisista lähteistä näkökulmia opinnäytetyön aiheeseen. Esimerkkitalon vaippojen lämpötila- ja kosteusarvojen laskemisessa on käytetty D.O.F Tech Oy:n DOF-Lämpö -lämpölaskenta- ja mitoitusohjelmaa (DOF-LÄMPÖ 2016). E-luvun laskemisessa on käytetty Kymdatan Cads House -ohjelmaa (Cads House).

Koska korjausrakentamisessa on laaja rakentamisen muoto erilaisien työsuoritteiden ja rakennusmateriaalien vaikutuksesta: opinnäytteeni tulee keskittymään energiaremonttiin. Tutkin tarkemmin lämmöneristeitä ja niiden lisäämistä.

2 KESTÄVÄ KEHITYS

Kestävä kehitys on maailmanlaajuisesti, alueellisesti ja paikallisesti tapahtuvaa jatkuvaa ja ohjattua yhteiskunnallista muutosta, jonka päämääränä on turvata nykyisille ja tuleville sukupolville hyvät elämisen mahdollisuudet. Tämä

tarkoittaa myös, että ympäristö, ihminen ja talous otetaan tasavertaisesti huomioon päätöksenteossa ja toiminnassa. (Ympäristöministeriö 2015b.)

Ympäristöministeriön:(2015b) mukaan kestäväään kehitykseen kuuluu neljä eri kestävyyttä: ekologinen, taloudellinen, sosiaalinen ja kulttuurinen kestävyys.

Ekologinen kestävyys korostaa ekosysteemiä, sen monimuotoisuutta, ekotoimivuutta ja säilyttämistä. Lisäksi haittojen ennaltaehkäisy ja haittojen torjuminen ovat tärkeitä periaatteita. **Taloudellinen kestävyys** korostaa taloudellista kasvua ja kestäväällä pohjalla olevaa taloutta. **Sosiaalinen kestävyys** on hyvinvoinnin edellytysten siirtämistä seuraaville sukupolville. **Kulttuurinen kestävyys** tarkoittaa kulttuuristen asioiden, kuten suomalaisuuteen kuuluvien perinteiden, kielen ja taiteiden: vahvistamista ja siirtämistä seuraaville sukupolville.

2.1 Kestävän kehityksen ja korjausrakentamisen synergia

Korjausrakentamista ovat kunnossapito, kunnostus, peruskorjaus, saneeraus, perusparannus ja restaurointi (Rakennusperintö). Korjausrakentamiseen liittyy myös energiaremontti, jossa rakennuksen energiatehokkuutta pyritään parantamaan.

Peruskorjaus on laajahko rakennusosan korjaus, joka kuitenkin ei nosta rakennuksen laatutasoa. Kunnostus on vähäisempi toimenpide kuin peruskorjaus. Kunnostusta ovat talojen tai niiden osien säännöllinen korjaus ja kunnossapito. Rakennusten laajennukset sisältyvät uudisrakentamiseen. (Kojo & Lilja 2011a, 16).

Kestävän kehityksen neljään kestävyYTEEN ja niiden liittymiseen korjausrakentamiseen on löydettävissä jokaiseen erilaisia näkökulmia. Seuraavissa alaluissa käydään läpi jokainen kestävyYksistä.

2.1.1 Ekologinen kestävyys korjausrakentamisessa

Ekologia tulee kreikasta ja tarkoittaa oppia elävistä olennoista niiden luonnollisessa ympäristössä ja suhteestaan siihen (Pieni ja paras sanakirja a–ö 1998, 305).

Korjausrakentamisessa ekologisuus näkyy parhaiten siinä, miten ympäristöön suhtaudutaan. Ekologinen korjausrakentaminen on erittäin laaja alue kattuen kaiken yksittäisestä rakennusmateriaalista kokonaisiin rakennuksiin tai jopa kokonaisiin asuinalueisiin. Ekologista korjausrakentamista käsitellään myös valtakunnallisella tasolla. Se näkyy esimerkiksi vuonna 2013 voimaan tulleen Ympäristöministeriön 4/13 asetuksessa rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostoissa. Tässä asetuksessa asetetaan lämmöneristeen lisäämiselle samat vaatimukset kuin uudisrakentamiselle. (Ympäristöministeriö 2013b).

Oijala (1999a, 22–23) kirjoittaa ekologiseen arkkitehtuuriin kuuluvan monenlaisia eri näkökulmia. Mielestäni näistä kuuteen mukailemaani näkökulmaan voi tiivistää ekologisen kestävyuden korjausrakentamisessa: 1. korjataan vain tarpeellinen, 2. korjauksessa pyritään pitkäikäiseen korjaamiseen, 3. käytetään ekologisesti hyviä rakennustuotteita, 4. pyritään säästämään energiaa, 5. pyritään minimoimaan jätteiden määrä lisäten kierrätystä ja 6. pyritään huolehtimaan siitä, että haitallisia materiaaleja vältetään.

1. Esimerkiksi: Kun korjataan vain tarpeellinen, ohjaa Kaila (1997, 20–27) käyttämään korjaamisessa neljää askelta: ensimmäinen askel on vaurion seuraaminen, toinen vaurion syyn selvittäminen, kolmas vaurion syyn poistaminen ja neljäs askel on vaurion korjaaminen. Mielestäni nämä neljä askelta ovat vanhan pientalon omistajalle ja sitä korjaavalle hyvät ohjeet. Näitä noudattamalla voi sekä ymmärtää paremmin omistavansa vanhan talon hyvine ja huonoine puolineen että välttää turhaa ylikorjaamista. Nämä ovat myös hyvä perusjalka ekologiselle kestävyydelle korjausrakentamisessa.

Rönkä, Rauhala, Harmaajärvi & Lahti (1994, 37) ohjaavat korjausrakentamisessa kysymään, mitä korjataan ja miksi. Vastauksena tuohon he itse esittävät, että tavallisesti korjataan *vikoja, teknillisiä virheitä, parannetaan rakennusten laatutasoa ja ajanmukaistetaan teknisiä järjestelmiä*. Ekologista korjausta he pohtivat kysyen, mitä ja miten korjataan. Kirjoittajat vastaavat kysymysten sisältävän usein energian ja veden säästämisen sekä käytettävät rakennusmateriaalit ja -menetelmät. Rakennusmateriaalien kohdalta kyseeseen tulee materiaalien ekologisuus, jota käsitellään myöhemmin tässä luvussa.

2. Korjauksessa pyritään pitkäikäiseen korjaamiseen ja tästä vastaavat korjausrakentamista määrittelevät viranomaiset eli kuntien rakennusvalvonnat.

Heitä ohjaa maankäyttö- ja rakennuslaki sekä asunto-osakeyhtiö-, pelastus-, jäte- ja rakennussuojelulait. Lisäksi pitkäikäisen korjaamisen saavuttamiseen vaikuttaa oikeanlaisten rakennustuotteiden käyttäminen korjausrakentamisen kohteena olevassa rakenteessa. Tällöin vastuu siirtyy suunnittelijoille, valvonnalle ja rakennushankkeeseen ryhtyvälle.

3. Käytetään ekologisesti hyviä rakennustuotteita kommentoi Rönkä ym. (1994, 11, 16–17) kirjoittaen siitä, kuinka rakennusteknisesti, materiaalivalinnoilla, työmenetelmillä, ja organisoinnilla on olemassa eri vaihtoehtoja. Näillä on erilaiset kustannukset ja vaikutukset sekä luonnonvaroihin että energiankulutukseen. Ekologisuuden arviointi perustuu elinkaariajatteluun: tuotantovaiheeseen (valmistus, kuljetus ja rakentaminen), käyttövaiheeseen (käyttö, korjaus ja kunnossapito) sekä purkuvaiheeseen. Kuljetusmatkat tulisi minimoida eli suosia paikallista saatavuutta. Tuotantovaiheeseen ottaa kantaa Oijala (1999,25) sanoen, että rakennustuotteen arvioinnissa tarvitaan tietoja raaka-aineiden käyttämisestä ja tuotteen saastevaikutuksista.

Ekologisuuden edullisuudessa Häkkinen ja Kaipainen (1996, 41, 45) pitävät oleellisena asiana rakennustuotteiden käyttöikää. Toisin sanoen tuotetta täytyy voida verrata toiseen vastaavaan tuotteeseen, jolla on sama käyttöikävaatimus. Sen jälkeen voidaan tutkia tarkemmin tuotteiden ekologisia ominaisuuksia. Pidempi käyttöikä saavutetaan kehittämällä: tuotteita, tuotteiden ja rakentamisen ja laadun varmistamista ja kehittämällä materiaalien ja tarvikkeiden käyttö- ja huolto-ohjeita.

RT18-10742 (2001,1) on ohje, joka tavoitteena on ohjata ja auttaa tavarantomittajia rakennustuotteiden ylläpito-ohjeiden laatimisessa. Rakennustuotteen käyttöiän tulisi vastata sitä aikaa, jolloin tuote on asennettu rakenteeseen, toisin sanoen pitoaikaa. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto on julkaissut 29 julkaisua koskien rakennusmateriaalien ja rakenteiden käyttöikää. Julkaisut on numeroitu alkaen RIL 183–1.1–1992 päättyen RIL 183-7-1996. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto 2015.) RIL on järjestö, jonka tarkoituksena on edistää jäsentensä ammattitaitoa ja hyvinvointia sekä parantaa koko rakennusalan toimintaympäristöä. Päätoiminta on julkaisu- ja koulutustoiminta. RIL pitää muun muassa verkkokirjakauppaa, jossa on myynnissä heidän julkaisemaansa kirjallista materiaalia. (RIL)

Rakennusmateriaalien osalta ekologisessakin korjausrakentamisessa käytetään tuotteita, joiden valmistamisessa kulutetaan aina jonkin verran luonnonvarjoja. Varsinkin uusiutumattomien luonnonvarojen, kuten esimerkiksi öljyn kohdalla, korjausmateriaalien käytön tulee olla tarkoin harkittua. (Hemgrem & Wannfors 2012, 34). Siksi valmistuksessa suositaan uusiutuvia luonnonvaroja suhteessa uusiutumattomiin, mutta niitäkin käytetään vain luonnonjärjestelmien kantokyvyn sallimissa rajoissa ja käytetään mahdollisimman ekotehokkaasti. Suomessa valmistettujen rakennustarvikkeiden käyttäminen on perusteltua, jos niiden valmistus ja jalostaminen vähentää globaalia ympäristökuormitusta (Valtioneuvosto 2006,17).

Luonnonvarat jaetaan uusiutuviin ja uusiutumattomiin. Perinteinen suomalainen rakentaminen on valtaosin uusiutuvaan luonnonvarojä käyttöön puura-
kentamiseen. Lahtinen (2014, 22) kertoo, että puu on rakennusmateriaalina ekologinen, koska se on uusiutuvaa ja sitä voidaan hyödyntää kohtuullisen pienellä jalostuksella. Puun käyttäminen pienentää hiilijalanjälkeä, sillä puuhun on sitoutunut hiiltä, joka vapautuu luontoon rakennusosan palaessa tai lahotessa.

4. Pyritään säästämään energiaa -tavoite liittyy rakennustuotteiden valmistuksessa tarvittavaan energiaan. Rönkä ym. (1994, 16) käyttää näistä energioista nimityksiä välitön ja välillinen energia. Välitön energia liittyy rakennustuotteen valmistuksessa, kuljetuksessa ja rakentamisessa käytettävään energiaan. Välillinen energia tarkoittaa rakentamisessa epäsuorasti käytettävää energiaa, kuten rakentamiseen liittyvien palvelujen ja tuotteiden kuljettamiseen ostopaikasta rakennuskohteeseen (ei siis suoraan valmistuspaikasta rakennuskohteeseen) käytettävää energiaa.

Taulukko 1 seuraavalla sivulla osoittaa, kuinka paljon energiaa (kWh/kg) ja hiilidioksidipäästöjä ($\text{CO}_2\text{kg/kg}$) aiheutuu valmistusprosessista. Energia on primäärienergiaa eli kuljetusta ja varastointia ei ole laskettu mukaan. Lahtisen (2014, 156) mukaan lukuihin kannattaa suhtautua suuntaa antavina, sillä luvut vaihtelevat paljon riippuen lähteistä. Kierrätysmateriaalin käyttö vaikuttaa lukuihin, joita ei ole otettu tässä huomioon, ja hiilidioksidien osalta taulukossa ei ole huomioitu rakennustuotteiden hiilijalanjälkeä. Myöhemmin lasketaan lämmöneristeiden osalta tarkemmat hiilidioksidipäästöt ja hiilijalanjälki käyttäen pohjana esimerkkitalon lämmöneristeiden lisäämistä.

Taulukko 1 Rakennusmateriaalien valmistukseen kuluva energia ja hiilidioksidipäästöt (Hammond & Jones (2008, 12); Synergia 2010; Perälä & Kontuniemi (1990); RT 36-10689 (1999, 6).

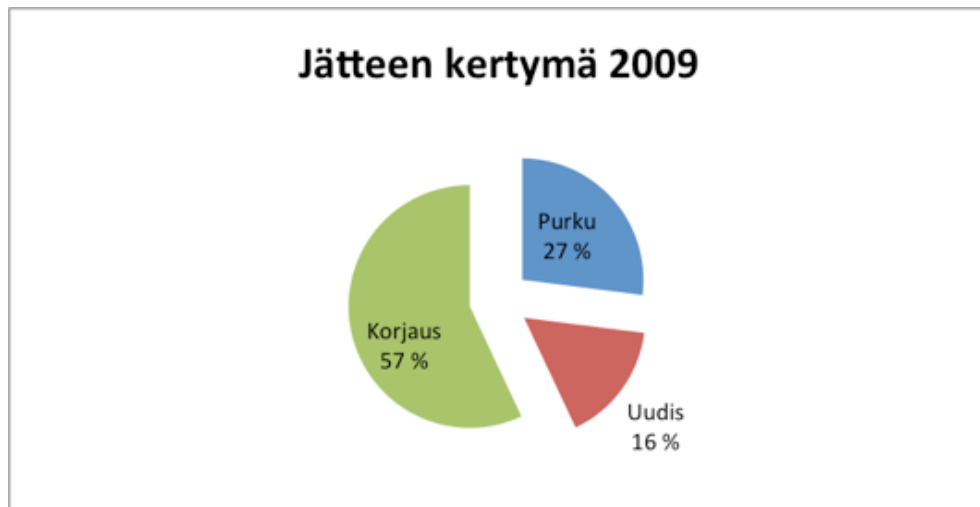
Rakennusmateriaalien valmistukseen kuluva energia ja hiilidioksidipäästöt

	kWh/kg	CO ² kg/kg
Eristeet tms.		
Kivivilla	4,7	0,99–1,4
Lasivilla	7,8–8,6	0,8–1,5
Puukuituvilla, selluvilla, ekovilla	0,3–0,9	0,18–0,3
Polystyreeni	18,9–30,3	2,5–3,6
Polyuretaani	20	3,0–4,4
Metallit		
Rauta, teräs	6,9–10	1,9
Ruostumaton teräs	15,8	6,2
Puu		
Sahatavara	0,2–2,1	0,065
Pinnoittamaton havuvaneri	5,4	0,650
Liimapuu	2,4	0,25
Muut		
Lasi	4,2	0,9
Betoni	0,2–2,2	0,1–0,5
Punatiili	0,8–1,2	0,2
Kipsilevy	2,5	0,44

Korjausrakentaminen kuluttaa aina energiaa. Mitä suurempi korjaus sitä enemmän energiaa käytetään, joko välitöntä tai välillistä energiaa. Ainoa keino energian säästämiseen korjausrakentamisessa on tarkka harkitseminen ennen korjaushankkeeseen ryhtymistä. Energiansäästö tulisi siis ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa.

Korjausrakentamisen energiankulutusta miettiessä on syytä pitää mielessä Häkkisen ym. (1996, 26) ajatus siitä, että *rakennuksen käytön aikana kuluva energia on 5–10-kertainen verrattuna rakennustarvikkeisiin sitoutuneeseen energiaan*. Korjausrakentamista suunnitellessa on tärkeää ymmärtää, kuinka voi käyttää alhaiseen käytönaikaiseen energiankulutukseen johtavia ratkaisuja. Lisäksi varsinainen työ tulee tehdä laadukkaasti, sillä hyvin eristäväksi suunniteltu seinä ei palvele tarkoitustaan, jos rakennustyön tuloksena syntyy lämpövuotoja.

5. Näkökulma, jossa pyritään minimoimaan jätteen määrä lisäten kiertäytystä, tulee esille Valtioneuvoston päätöksessä (Valtioneuvosto 2012). Tämän päätöksen mukaan rakennushankkeen päätoteuttaja on vastuussa rakennusjätteistä, joita tulisi sekä vähentää että hyödyntää. Jätteitä kuitenkin syntyy rakennushankkeissa. Kuva 1 esittää vuonna 2009 syntyneiden jätteen jakaantumisen eri rakennushankkeissa. Kuvan mukaan 57 % rakentamisolalla syntyneistä jätteistä syntyi korjausrakentamisesta, lisäksi osa purkamistöiden aiheuttamista jätteistä liittyi korjausrakentamiseen.



Kuva 1 Talonrakennusjätteen jakaantuminen eri rakennushankkeiden kesken (Kojo ym. 2011b, 22).

Kojo ym. (2011a, 11) puhuu materiaalitehokkuuden käsitteestä, jolla ehkäistään materiaalihävikkiä eli ehkäistään tai vähennetään syntyvän jätteen määrää. Syntyvien jätteen haitallisuuteen voidaan vaikuttaa valitsemalla vähemmän haitallisia tuotteita tai valitsemalla tuotteita, joiden valmistusprosessissa ei synny haitallisia epäpuhtauksia. Syntyvän jätteen ekologisuuteen voi vaikuttaa kahdella tavalla: valitsemalla tuotteen, jonka valmistuksessa on käytetty mahdollisimman vähän energiaa ja joka on muutenkin energiatehokas tai minimoimalla päästöt ja muut elinkaaren haitalliset ympäristövaikutukset.

Materiaalitehokkuudessa suunnittelu on keskeisessä asemassa. Yläpuolella olevasta kuvasta 1 on nähtävissä, kuinka uudisrakentamisessa jätteen materiaalitehokkuuteen pystytään vaikuttamaan sekä tehokkaalla suunnitellulla että talotehtaissa tapahtuvalla elementtien kasaamisella. Korjausrakentamiseen kuuluu osittain purkamista ja siitä syntyvää jätettä, mutta pääpaino on korjaus-

rakentamisen yhteydessä syntyvällä jätteellä. Jätteen materiaalitehokkuuteen voitaisiin vaikuttaa tehokkaimmin tiedostavien suunnitteluratkaisujen avulla, siinä tehtävillä valinnoilla ja materiaalivalinnoilla. Rakentamisprosessissa voidaan vaikuttaa jätteesyntyyn voimakkaimmin suunnitteluvaiheessa. Varsinaisessa korjausrakennusvaiheessa jätteen syntyyn voidaan vaikuttaa rajallisesti, lähinnä pyrkiä minimoimaan hukkamateriaalien synty lisäämällä kierrätystä ja edistämällä jätteen lajittelua.

Kierrätyksellä on merkittävä rooli ekologisesti kestävässä korjausrakentamisessa. Vaikka kierrätyksellä ei yksin voi poistaa syntyviä jätteitä, sillä voidaan selvästi vähentää uusiutumattomien raaka-aineiden ja sivutuotteiden käyttöä. Lisäksi rakennusosien ja -tuotteiden uudelleenkäyttö ja materiaalien uusiokäyttö vaikuttavat selvästi syntyvien jätteiden määrään. Mikäli jo suunnitteluvaiheessa on huomioitu rakennuksen kierrätettävyyttä, vähentää se selvästi korjausrakentamisvaiheessa syntyvän jätteen määrää. Häkkinen, Vares, Vesikari, Tattari & Säteri (1997, 15) käsittelevät sitä, kuinka rakennustuotteiden pitkä käyttöikä aiheuttaa vaikeuksia tuotteiden uusio- ja toistokäytössä, koska mahdollinen tuotteen tuleminen purkamisen kautta uusio- tai toistokäyttöön voi tapahtua pitkän ajan päästä. Tästä opinnäytetyöhön liittyvänä esimerkkinä on sahanpuru, jota käytettiin ennen lämmöneristeenä. Eristeenä käytetyn purun uusiokäyttö on mahdollista vain maanparantamisessa.

Uusiouutiset (2014) kirjoittaa jutussaan siitä, kuinka kierrätykseen hankalaa kipsi- ja kattuhuopajätettä kokeillaan sekä erilliskeräyksenä että kierrätysmenetelmiä kehittävänä pilottihankkeena. Käsitelty huopajätteen uusioraaka-aine sopii asfaltin valmistukseen korvaamaan bitumia ja hiekkaa. Kipsijätteestä syntyy käsittelyn jälkeen puhdasta kipsijauhetta. Häkkinen ym. (1997, 16) listaa muita uusioraaka-aineita, joita käytetään rakennusmateriaaliteollisuudessa: uusiokäyttöalumiini, romuteräs, puru ja hake ja kuori, uusiokäyttölasi, maasuonikuona, uusiokäyttöpaperi, lentotuhka ja uusiokäyttörunkoaineet.

6. Näkökulmaan haitallisten materiaalien välttämisestä tulee ensin tietää materiaalien haitta-aineiden vaikutukset ympäristölle ja ihmisille. Materiaalien ja rakennusosien valmistusvaiheen ympäristöhaitoista kertoo RIL 216–2013 (2013, 59–60) sen, että niistä ilmoitetaan yleensä rakennustuotteiden ympäristöselosteissa toiminnallista yksikköä (esim. seinä-m²) tai materiaalin tai muun tuotteen paino- tai tilavuusyksikköä (esim. kg/m³) kohti. Energiankulutuksesta

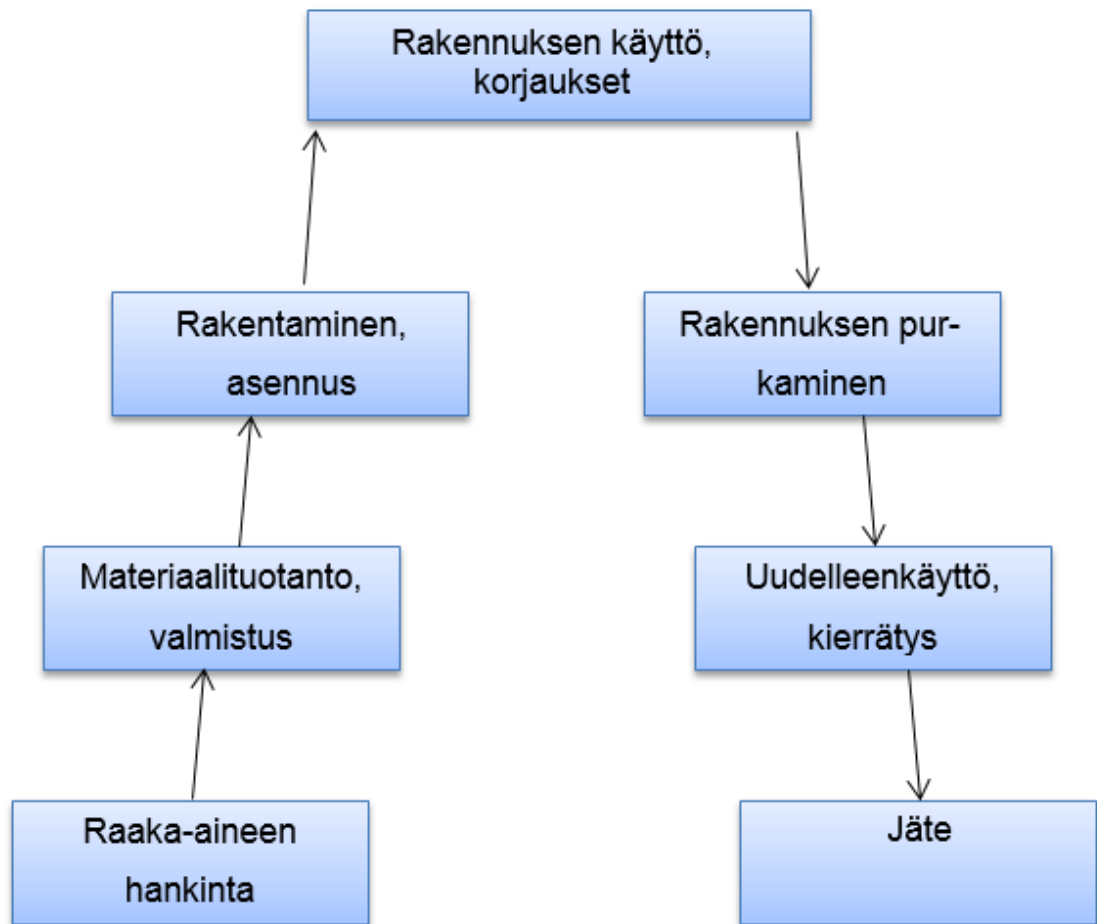
ilmoitetaan uusituvan ja uusiutumattoman energian kulutus samoin kuin raaka-aineen kohdalla. Lisäksi ilmoitetaan, paljonko vettä on käytetty, ja mahdollinen maankäyttö. Ympäristöhaitoista kerrotaan erilaiset päästöt, kuten hiili- ja rikkidioksidipäästöt, eteenipäästöt ilmaan ja päästöt veteen. Lisäksi kerrotaan meluhaitat ja jätteistä tavalliset jätteet, ongelmajätteet ja ympäristömyrkyt.

Korjausrakentaminen on rakentamishankkeista haastavin, koska usein korjausrakentamisen aikana korjattavana oleva pientalo on asuttu tai asukkaat ovat poissa vain korjaustapahtuman ajan. Lisäksi korjaushanketta toteuttavat henkilöt työskentelevät usein sisätiloissa. Tämä asettaa erityisiä paineita korjausmenetelmille, käytettäville materiaaleille, tilan ilmanvaihdolle ja pölynhallinnalle. Röngän ym. (1994, 17) mukaan *käytetyjen menetelmien ja materiaalien tulisi olla sellaisia, että liukenevia aineita ja muita haitallisia päästöjä on mahdollisimman vähän*. Suositelluista menetelmistä on tehty muun muassa RYL-julkaisuja, jotka pitävät sisällään rakennustöiden yleisiä laatuvaatimuksia. Näiden julkaisujen takana on Rakennustieto, joka koostuu Rakennustietosäätiö RTS:stä ja Rakennustieto Oy:stä. Tähän mennessä on julkaistu sekä painettuna kirjoina, e-kirjoina sekä sähköisesti osana ammattilaisten tietopalveluja MaaRYL 2010, RunkoRYL 2010, MaalausRYL 2012, SisäRYL 2013, TalotekniikkaRYL 2002 ja KiinteistöRYL 2009. (RYL – rakentamisen yleiset laatuvaatimukset.)

Rakennusmateriaalien osalta M1-päästöluokka on korkein päästöluokka ja M1-merkki kertoo vähäpäästöisyydestä. Luokitukset myöntää Rakennustietosäätiö RTS. (Rakennustietosäätiö RTS 2016.)

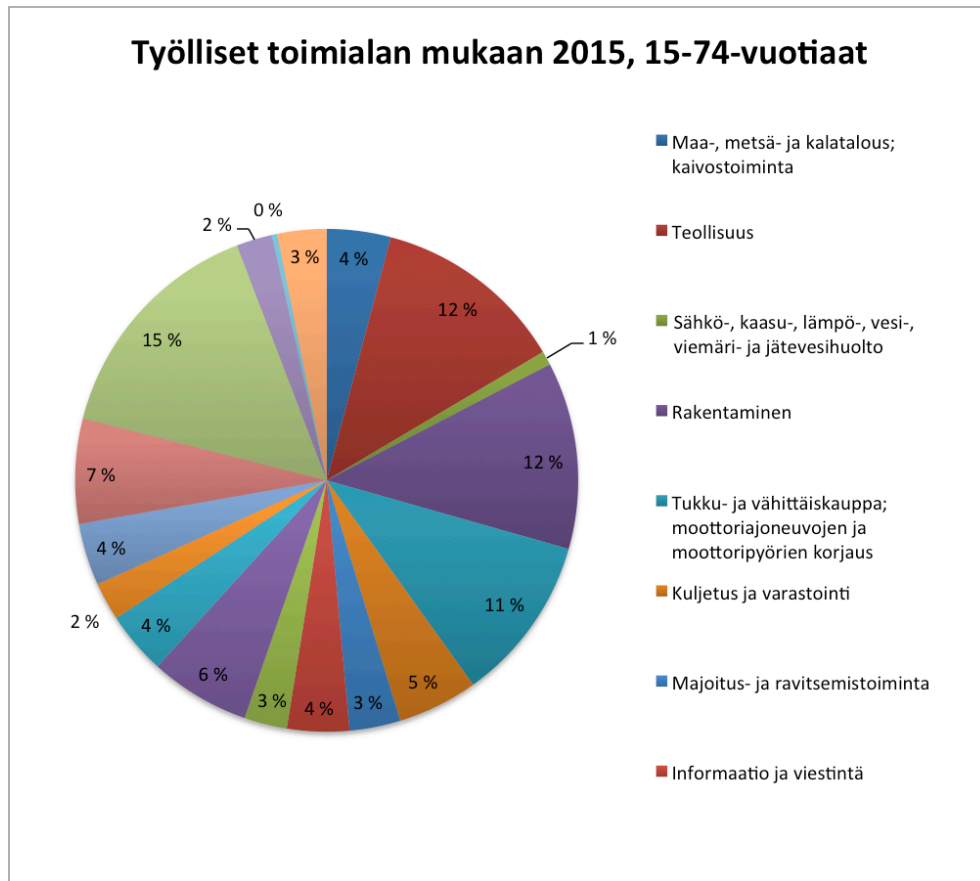
2.1.2 Taloudellinen kestävyys korjausrakentamisessa

Taloudellisuutta käsitellään elinkaaritaloutena, jossa lasketaan koko rakennusosalle elinkaaren ajalta syntyviä kustannuksia. Näitä kustannuksia ovat korjaus-, käyttö-, huolto- ja uusimiskustannukset, ja nämä kustannukset jaetaan tavallisimmin 50 vuoden ajalle. Lopussa lasketaan kustannuksia aiheuttaneille rakennusosalle jäännösarvo ja uusimisen jälkeinen uudelleenkäyttöarvo. (RIL 216–2013 2013, 23.) Kuvassa 2 seuraavalla sivulla esitetään rakennuksen elinkaari, joka voidaan jakaa vaiheisiin. Vaiheita ja niiden ympäristövaikutuksia voidaan tarkastella erikseen.



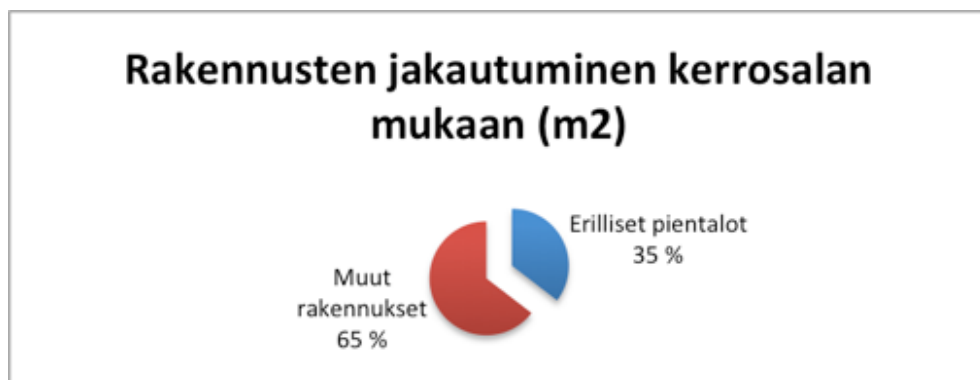
Kuva 2 Rakennuksen elinkaari (Oijala, M. 1999b, 25).

Rakennusosien elinkaaritalous näkyy sekä osana Suomen koko rakennusteollisuutta ja uudis- ja korjausrakentamista että osana koko Suomen kansallisvarantoa, työllistämistä ja taloudellista tilannetta. Kuva 3 seuraavalla sivulla osoittaa, että rakentaminen on ollut kaikista työaloista kolmanneksi suurin työllistäjä vuonna 2015. Rakentamiseen kuuluu talon-, infrarakentamisen ja erikoisurakoinnin työntekijät sekä toimihenkilöt ja yrittäjät. Lukumäärällisesti rakennusalalla toimii n. 169 000 henkilöä. Näistä noin 55 000–65 000 toimii joko uudis- tai korjausrakentamisen alalla. Lukema on suuntaa antava, sillä suhteen heittelyt vaikuttavat nopeasti ja voimakkaasti näillä aloilla. Korjausrakentamisen vaikutus taloudelliseen kestävyyteen tulee yritysten tulojen, verojen ja yrityksissä toimivien henkilöiden maksamien verojen vaikutusten kautta.



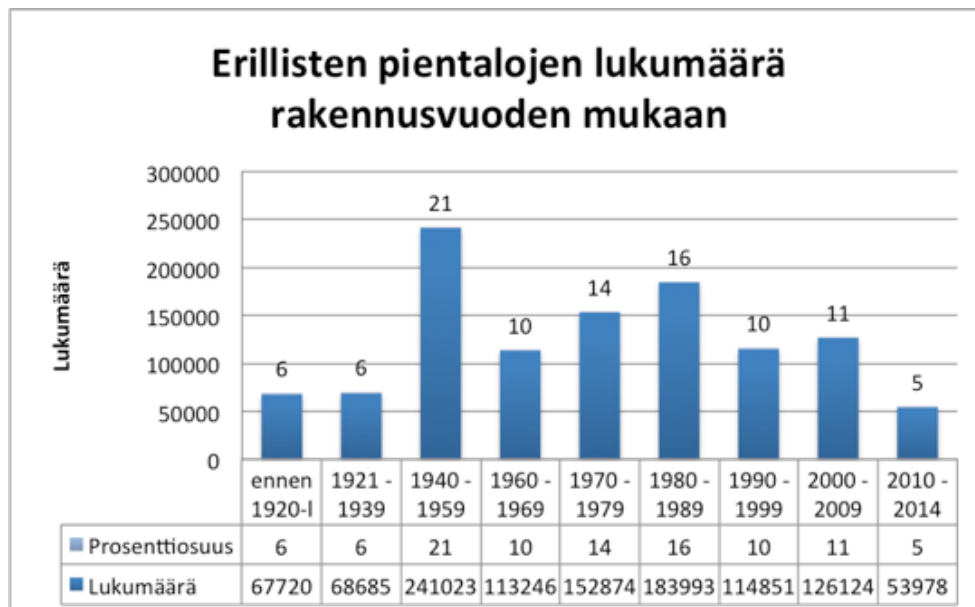
Kuva 3 Työlliset toimialan mukaan vuotena 2015, 15–74-vuotiaat (Tilastokeskus 2015c).

Rakennukset muodostavat runsaat puolet ja rakennettu ympäristö noin $\frac{3}{4}$ osaa Suomen kansallisvarallisuudesta (Ympäristöministeriö 2013c). Taloudellinen kestävyys näkyy siinä, miten rakennetussa ympäristössä rakennetaan uusia rakennuksia ja ylläpidetään sekä tarvittaessa puretaan vanhoja. Kuvas-
sa 4 osoitetaan se, miten rakennukset ovat jakautuneet kerrosalan mukaan erillisten pientalojen ja muiden rakennusten välillä. Korjausrakentamisen kan-
nalta kuvan mukaan korjattavaa erillisissä pientaloissa on selkeästi vähem-
män kuin muissa rakennuksissa.



Kuva 4 Rakennusten jakautuminen vuonna 2014 kerrosalan mukaan (Tilastokeskus 2014a).

Vaikka pientaloja on kerrosalan mukaan vähemmän kuin muita rakennuksia, kokonaismäärä muuttaa tilannetta jonkin verran. Kuvassa 5 osoitetaan, kuinka paljon rakennusvuoden mukaan erillisiä pientaloja Suomesta oli vuonna 2014, ja niiden prosentuaalinen jakauma. Kuvasta on nähtävissä se, että ennen 1970-lukua valmistuneita erillisiä pientaloja on 45% kaikista pientaloista, yhteensä yli 490 000 ja se, että yhteensä pientaloja on 1 122 494. Näin suuressa määrässä esiintyy todennäköisesti tasaisella volyyymillä pienimuotoistakin korjausrakentamista, joka vaikuttaa yritysten työtilanteisiin tasaisesti tulevinä työtilauksina. Isoissa korjaushankkeissa liikkuvat suuremmat rahat ja työsuoritteet, mutta yleensä näitä hankkeita tulee harvemmin ja niistä pääsääntöisesti kilpailevat suuremmat rakennusalan yritykset. Usein pienemmät korjaushankkeet ja yksittäisen pientalon hoidetaan pienempien yritysten toimesta.



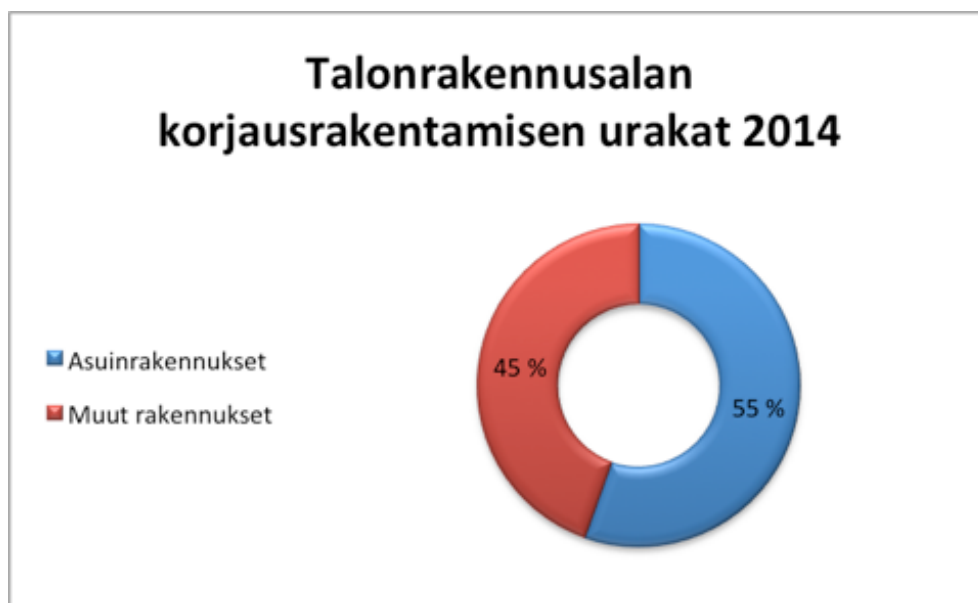
Kuva 5 Erillisten pientalojen lukumäärä rakennusvuoden mukaan (Tilastokeskus 2014b).

Rakennusosan elinkaari on noin 50 vuotta, ja 1966 valmistuneista pientaloja on arviolta kymmeniä tuhansia. Osa näistä pientaloista tai niiden rakennusosista on varmasti ajan kuluessa korjattu joko osittain tai kokonaan, mutta osa odottaa korjausta. Yli 50 vuotta vanhoja pientaloja on n. 350 000 ja näistä suurin osa tarvitsee jonkintasoista korjaamista, osa jopa peruskorjausta. Korjausrakentamisen määrää lisää myös se, että osa 1967 ja sen jälkeen rakennetuista pientaloista tarvitsee korjausta. Esimerkiksi käyttövesiputkiston käyttöikä on 25–50 vuotta, joten näiden uusiminen on ajankohtaista jopa 1980-luvulla rakennettuihin pientaloihin.

Alla olevasta kuvasta 6 on nähtävissä, että vuonna 2014 uudisrakentaminen oli vilkkaampaa kuin korjausrakentaminen. Tilastokeskuksen tutkimuksesta tehdystä kuvasta 7 nähdään, että samana vuonna 45 % korjausrakentamisen urakoista kohdistui asuinrakennuksiin. Jos olettamus on se, että molempien alojen yrityksissä toimii yhtä paljon ihmisiä, korjausrakentamisen alalla toimii noin 25 000–30 000 henkilöä.



Kuva 6 Talonrakennusalan yritysten urakat toimialoittain vuonna 2014 (Tilastokeskus 2014c).



Kuva 7 Talonrakennusalan yritysten korjausrakentamisen urakat toimialan mukaan vuonna 2014 (Tilastokeskus 2014d).

Taloudellinen kestävyys korostaa taloudellista kasvua ja kestäväällä pohjalla olevaa taloutta. Rakennusala on huomattava työllistäjä ja vaikuttaa koko Suomen taloudelliseen kasvuun. Noin kolmasosa rakennusosalalla työskentelevistä toimii joko uudis- tai korjausrakentamisen alalla. Korjausrakentaminen on

rakennusten suuren määrän takia vähemmän suhdanneherkkää kuin uudisrakentaminen, joten korjausrakentamisen taloudellisen pohjan voidaan sanoa olevan kestävämmällä pohjalla.

Korjausrakentamisen määrä on hiljalleen nouseva suhteessa uudisrakentamiseen. Vaikka tällä hetkellä (2016) rakennusalalla on taloudellinen taantuma, silti voidaan sanoa rakennusalalla toimiville, ja sen välillisestä vaikutuksesta muillekin, työn tuottaman taloudellisen hyvinvoinnin siirtyneen ja siirtyvän edelleen seuraaville sukupolville.

2.1.3 Sosiaalinen kestävyys korjausrakentamisessa

Sosiaalinen kestävyys tarkoittaa hyvinvoinnin edellytysten siirtämistä seuraaville sukupolville, ja tärkeä osa hyvinvointiamme on terveys. Terveenä pysymiseen ja selviämiseen elinympäristössämme tarvitsemme kolmen ihon suojaan. Ensimmäinen iho on ihmisen oikea iho, toinen on vaatteet ja kolmas on rakennus (Roaf, Fuentes & Thomas 2007, 26). Jokainen hoitaa omalla tavallaan ja tyyllillään kahta ensimmäistä ihoa. Näiden kahden ihon hoitamattomuus näkyy helposti erilaisina sairauksina, ja näin on myös kolmannen ihon kohdalla. Kolmas iho on Suomen sääolosuhteissa välttämätön suoja elämälle ja yhteiskunnan toiminnoille. Valitettavan usein tämä kolmas ihomme, eli rakennukset, on se, jota hoidamme vähiten.

Viime vuosina Suomessa on puhuttu paljon siitä, kuinka huonossa kunnossa myös uudehkot, mutta ennen kaikkea vanhat ihomme, eli rakennuksemme ovat. Vaikka tästä on puhuttu runsaasti viime vuosina, aihe ei sinänsä ole uusi, sillä maailman terveysjärjestö WHO määritteli sairas rakennus - oireyhtymän jo 1982 (Kaila 1997, 488). Osaltaan sairas rakennus - oireyhtymään vastaa Viitamäki & Pirinen (2012, 11–16) ja Ympäristöministeriö (2015a) sen, että päättynyt Kosteus- ja hometalkoot 2010–2014 näkyy edelleen sekä ammattilaisten että kuluttajien parissa koulutus- ja viestintätalkoina. Sekä ammattilaisille että kuluttajille erityisesti viestintä näkyy edelleen talkoiden omilla kotisivuilla www.hometalkoot.fi. Kosteus- ja hometalkoita johdetaan ympäristöministeriöstä, mutta talkoissa on ollut mukana satoja asiantuntijoita koko Suomesta.

Mielestäni hometalkoot eivät ole näkyneet kuluttajille kovinkaan selvästi. Itse en ole tähän mennessä törmännyt kosteus- ja hometalkoisiin ennen nykyisiä opintojani muutoin kuin tämän opinnäytetyön puitteissa. Viiden kaupungin rakennusvalvonnan sivuilta (Kouvola, Mikkeli, Lahti, Tampere ja Oulu) ainoastaan yhdessä on linkki hometalkoot.fi sivuille. Osa nykyajan korjausrakentajista on tottunut hakemaan tietoja netistä, ja kaupunkien rakennusvalvontojen sivustoilta ei pääse tutustumaan hometalkoot.fi nettisivuille. Toki oikeanlaisilla hakusanoilla voi löytää itse tälle sivustolle. Ammattilaisille, jotka ovat kiinnostuneita tai jopa työssään erikoistuneet rakennusten sisäilmaan ja sen ongelmiin, ovat kosteus- ja hometalkoot näyttäneet useana vuotena järjestetyissä Sisäilmasto- ja Rakennusfysiikka -seminaareissa. Sisältönä hometalkoot.fi on mielestäni selkeä sivusto, joka tarjoaa riittävästi luotettavaa tietoa kuluttajille, on sitten ostamassa taloa, talon omistaja tai talon remontointia suunnitteleva. Ammattilaisille sivustosta on hyötyä toki eri kauden talojen riskirakenteiden esittelyn kautta, mutta ennen kaikkea hyötyä on sivustolta löytyvistä oppaista. Nimenä hometalkoot on mielestäni hieman harhaanjohtava, sillä sivujen pääpaino on riskirakenteissa ja niiden havaitsemisessa – toki homeeseen liittyviä asioita on sivulla käsitelty. Tällä nimellä on haettu varsinkin kuluttajien parissa huomiota ja hieman provosoitu katsomaan sivuja, sillä homeisista rakennuksista on puhuttu paljon eri medioissa.

Syitä pientalojen huonoon kuntoon ja sen aikaan saamaan asukkaiden oireiluun on monia. Ehkäpä yleisin syy on aikanaan rakennusvaiheessa tehty sekä yleisesti että rakennuslainsäädännössä hyväksytyt ratkaisut, joiden on myöhemmin todettu olevan riskirakenteita ja jotka monissa tapauksissa ovat osoittautuneet sisäilman epäpuhtauksien lähteiksi.

Noin 50 vuotta sitten tapahtui rakentamisessa teollinen murros, jolloin pientaloissa käytettyjen puupohjaisten ja hengittävien rakenteiden tilalle tulivat teollisesti valmistetut tarvikkeet, kuten mineraalivilla ja muovi. Pian käytännön opettamana huomattiin, että mineraalivilla ei toiminut kuten esimerkiksi sahanpuru. Sahanpurulla on kosteuskapasiteettia, jota mineraalivillalla ei ole. Mineraalivilla tarvitsi sekä eristääkseen että pysyäkseen kuivana muovikalvoisen höyrynsulun. Rakennusosista tuli diffuusiavoimien tilalle suuren vesihöyryn vastuksen ja matalan kosteuskapasiteetin omaavia eli kansankielellä hengittävien tilalle hengittämättömiä, mikä pakotti rakennusten ilmanvaihdon

kehittämiseen ja muuttamiseen koneelliseen ilmanvaihtoon. (Lahtinen 2014, 17).

Vielä osissa 1990-luvulla rakennetuista pientaloista koneellinen ilmanvaihto hoidetaan pelkällä koneellisella poistoilmalla korvausilman tullessa joko tuloventtiileistä tai sitten korvausilma on suunniteltu saatavaksi ulko-ovien ja ikkunoiden epätiiviysskohdista. Ajan kuluessa moniin taloihin on tehty energiaremontti, jossa epätiivit ulko-ovet ja ikkunat on vaihdettu tiiviisiin, eikä korvausilman saantia ole turvattu laittamalla korvausilmaventtiilejä. Korvausilmanventtiileiden puuttuminen aiheuttaa hallitsemattoman ilman tulon rakenteiden läpi. Tällöin ilma voi tuoda epäpuhtauksia rakenteista sisäilmaan. Lisäksi rakenteet voivat kostua ja jäähtyä, mikä lisää riskiä rakenteen kunnon vaurioitumiseen.

Höyrynsulkuna toimivan muovin suurin heikkous on muoviin tehtyjen reikien aiheuttama epätiiviyys. Tähän pääsyynä on aiemmin käytetty asennustapa, jossa muovi asennettiin eristeen ja sisäverhoilulevyn pintaan. Tällöin muovin reikiintymistä saa aikaan sekä sisäverhoilulevyjen kiinnitys ruuvikiinnikkeillä että käyttäjien esimerkiksi tauluja varten asentamat ruuvi- ja naulakiinnikkeet. Reikien kautta vesihöyry pääsee eristeeseen aiheuttaen eristeen vaurioitumisen ja eristeen lämmöneristämisominaisuuksien heikkenemisen toisaalta koneellisen poiston ali- tai ylipaineen vaikutus mahdollistaa epäpuhtauksien kulkumisen eristeestä sisäilmaan. Koneellinen ilmanpoisto ja höyrynsulku-
muovin asennustapa ovat vain kaksi rakennusosaa, jotka ovat vanhemmissa rakennuksissa riskirakenteita. Muita riskirakenteita löytyy muun muassa aiemmin mainitusta www.hometalkoot.fi -osoitteesta, johon on kerätty 1940–1990-luvun talojen riskirakenteita, ongelmakohtia ja ratkaisuja.

Maassamme riittää korjattavia pienkotitaloja. Yhteiskunnan tasolla puhutaan korjausvelasta, joka oli vuonna 2013 kaikkien rakennusten osalta 30–50 miljardia euroa (Roti-ryhmä 2013, 6). Arvioituun summaan kuuluvat siis kaikki rakennukset, ja arvio antaa vain suuntaa pientalojen korjaustarpeen osalta. Kuusela (2013, 21–22) määrittelee niin, että korjausvelka lähtee liikkeelle rakennuksen tai kiinteistön jälleenhankinta-arvon määrityksestä. Korjausvelka saadaan, kun jälleenhankinta-arvosta lasketaan 75 %, joka on teknisen arvon korjausvelan raja-arvo. Tästä raja-arvosta vähennetään määritelty tekninen arvo. Korjausvelka = teknisen arvon korjausvelan raja-arvo - tekninen arvo.

Esimerkki:

Jälleenhankinta-arvo	100 000€
Teknisen arvon korjausvelan raja-arvo	75 000€
Tekninen arvo	65 000€
Korjausvelka	$75\,000 - 65\,000 = 10\,000\text{€}$

Korjaamisessa tulisi käyttää materiaaleja ja rakennustapoja, joiden tekninen käyttöikä olisi mahdollisimman pitkä. Häkkinen ym. (1996, 41) mukaan teknisen käyttöiän pidentämiseen voidaan pyrkiä kehittämällä tuotteita, tuotteiden laadun ja rakentamisen varmistusta ja materiaalien käyttö- ja huolto-ohjeita.

Rakennustuotteiden laadun takaamiseksi on oma lainsäädäntö. *Rakennustuotteita koskevan lainsäädännön tavoitteena on varmistaa, että rakennustuotteista saatava tieto on luotettavaa ja vertailukelpoista, kun suunnittelija ja rakentaja arvioivat tuotteiden soveltuvuutta rakennettavaan kohteeseen. Lainsäädännön tehtävänä on myös edistää rakennustuotteiden myyntiä sekä kotoaan markkinoille että vientiin* (Ympäristöministeriö 2015c). Rakennustuotteiden kelpoisuus osoitetaan CE -merkinnällä. Mikäli rakennustuotteen kelpoisuutta ei voida osoittaa CE -merkinnällä, valmistaja voi osoittaa kelpoisuuden vapaaehtoisella tyyppihyväksynnällä, varmennustodistuksella tai valmistuksen laadunvalvonnalla. (Ympäristöministeriö 2015d). Laadukkaiden materiaalien käyttö mahdollistaa asumisen hyvinvoinnin siirtymisen myös tuleville sukupolville.

Korjausrakentamisen tapoja ohjataan Suomen rakentamismääräyskokoelman maankäyttö- ja rakentamislaisissa. Näitä määräyksiä *on sovellettu vain siltä osin kuin toimenpiteen laatu ja laajuus sekä rakennuksen tai sen osan mahdollisesti muutettava käytötapa ovat edellyttäneet (ellei määräyksissä ole nimenomaisesti määrätty toisin). Rakentamista koskevien määräysten soveltaminen on tarkoitettu joustavaksi siten kuin se rakennuksen ominaisuudet ja erityispiirteet huomioon ottaen on mahdollista. Olemassa olevia rakentamiskokoelman määräyksiä sovelletaan viiden vuoden siirtymäaikana kuten tähänkin asti. Sitä mukaa, kun rakentamismääräyskokoelman osia uudistetaan, kustakin uudesta asetuksesta käy suoraan ilmi, koskeeko se uuden rakennuksen*

rakentamista vai rakennuksen korjaus tai muutostyötä. (Ympäristöministeriö 2015d). Lisäksi asuntoyhtiö-, pelastus-, jäte- ja rakennussuojelulaissa annetaan korjausrakentamista koskevia säädöksiä. Hyvän ja laadukkaan korjausrakentamisen työtavat mahdollistavat asumisen hyvinvoinnin siirtymisen myös tuleville sukupolville.

Käytännössä julkisuudessa on näkynyt myös toisenlaista todellisuutta. Uusissa asuinrakennuksissa on nähty sekä ei-laadukkaita materiaaleja että heikotasoista rakentamista, joita näkyy myös korjausrakentamisen parissa. Suunnittelijoille ja työnjohtajille on pätevyysvaatimukset, mutta usein itse rakennusprojektin toteuttajille, työnjohtoa ja muutamia erikoistyöaloja lukuun ottamatta, ei ole. Tämä on ristiriitaista, sillä ”hyvin suunniteltu on puoliksi tehty”, mutta hyväkään suunnittelu tai vastuullinen työnjohtaminen ei voi estää esimerkiksi huonosti tiivistettyjen ikkuna-asennusten tai höyrynsulkumuovien puutteellisen limityksen aiheuttamia rakenteellisia vaurioita. Kenties tehtyjen työsuoritteiden ongelman osasy on vaatimukseltaan erilaiset koulutukset.

Toinen ei-laadukkaan lopputulokseen syntymiseen vaikuttava asia on raha. Tänä päivänä yritysten toteuttamassa korjausrakentamisessakin tavoitteena on sisäpintojen saaminen tyylikkääksi, mutta pintojen taakse piiloon jäävällä rakenteen laadulla ei riittävän usein tunnu olevan väliä. Laadusta säästämällä saadaan lisävoittoa, mutta valitettavasti säästäminen näkyy jopa lyhyessä ajassa tarvittavalla uudelleen korjaamisella. Tällainen korjausrakentamisen tapa on ristiriidassa kestävä kehityksen korjausrakentamisen kanssa. Rahaan vaikuttaa myös korjausrakentamisen maksajien haluttomuus maksaa enemmän saadakseen laadukkaan koko rakenteen, kun halvemmalla saa tyylikkää sisäpinnat.

2.1.4 Kulttuurillinen kestävyys korjausrakentamisessa

Kulttuurikestävyys korjausrakentamisessa näkyy siinä, kuinka rakennuksia korjattaessa otetaan huomioon rakennuksen alkuperäinen rakennusperinne ja esteettisyyskäsitteet sekä korjauksen pitkäikäisyys. Vanhoja rakennuksia pyritään korjaamaan, vaikka esteettisesti rakennuksen ulkonäköön ei ollakaan tyytyväisiä. Tämä rakennusperinnön korostaminen on yleistä Euroopassa, kun

Amerikassa ja Japanissa on yleistä purkaa rakennuksia, joiden ikä on muutamia kymmeniä vuosia. (RIL 216–2013 2013, 24).

Kulttuurikestävyys ei tarkoita korjausrakentamisessa sitä, että riskirakenteita vaurioiden syntymisen jälkeen ei muuteta. Tasakaton muuttaminen harjakatoksi ei kunnioita kyseenomaisen pientalon alkuperäistä rakennusperinnettä, mutta toistuvien kattorakenteen läpitulleiden vesivahinkojen jälkeen on täysin perusteltua muuttaa katon rakenne harjakattoiseksi.

Mielestäni kulttuurikestävyys korjausrakentamisessa tarkoittaa, että rakennuksen alkuperäistä rakennusperinnettä kunnioitetaan ja vanhan talon omistaja tai asuntokauppoja tekevä ostaja ymmärtää kohteena olevan tietyn aikakauden rakennus. Mielestäni on vähintäänkin erikoista, että talon ostamisen yhteydessä tai talon omistajien toimesta mietitään talon muuttamista toisenlaiseksi, jopa suurella rahalla ja työnäärällä. Esimerkiksi terveeksi todettu nk. rintamiestalo eli sahanpurueristeinen omakotitalo halutaan muuttaa matala- tai jopa passiivienergiataloksi, jolloin joudutaan muuttamaan talosta oikeastaan kaikki rakenteet ja samalla tuomaan taloon uutta talotekniikkaa.

3 PITKÄN TÄHTÄIMEN SUUNNITELMA (PTS), KUNTOARVIO JA KUNTOTUTKIMUS KORJAUSRAKENTAMISESSA

Pitkän tähtäimen suunnitelma tehdään, kun kiinteistöstä tarvitaan kokonaiskuva kunnosta ja korjaustarpeista: Tätä kutsutaan myös kunnossapitosuunnitelmaksi. RT 18–11131 (2013, 2) puhuu kuntoluokista aikajanalla 1–10 vuotta osana kunnossapitosuunnitelmaa. Kuntoluokkia on viisi, joista 1 on heikko vaatien pikaisen korjaamisen ja 5 on uusi. Jokainen rakennusosa tai -kokonaisuus voidaan luokitella näihin luokkiin. Korjausrakentamisessa tämä tarkoittaa, että tiedetään tulevat korjaustarpeet, niiden ajankohdat ja kustannukset. Itse olen lyhyessä ajassa töissä ja muualla kuullut korjausrakentamisesta, joissa ei ole tietoaakaan pitkän tähtäimen suunnittelusta. Esimerkiksi yli 50 vuotta vanhaan rossipohjaiseen pientaloon tehtiin kallis lattiaremontti, jolla saatiin kaunis lattia. Rakennuksessa meni niin käyttövesi- kuin viemäriputkisto rakenteiden sisällä: Lattiaremontin yhteydessä olisi ollut helppoa tehdä viemäriin asennus alapohjaan, ja käyttövesiputkiston uusiminen poistaisi todennäköisesti lähivuosina käyttövesiputkista aiheutuvan vesivahingon. Tästä ai-

heesta kirjoittaa Häkkinen ym. (1996, 25), että käyttäjän ja ympäristön etu on se, ettei pitkäikäisempiä rakennusosia jouduta korjaustöissä ajan mittaan poistamaan lyhytikäisempiä uusittaessa.

Pitkän tähtäimen suunnitelma mahdollistaa ekologisen korjausrakentamisen. Tämä näkyy siinä, että korjauksessa otetaan huomioon tulevaisuudessa tapahtuva uudelleen korjaaminen. Korjattava osa asennetaan niin, että rakennusosan käyttöiän täytyessä tai muusta syystä tapahtuva osan korjaus tai korvaaminen uudella ei pakota rikkomaan muita rakenteita. Tästä hyvä esimerkki on käyttövesiputket, jotka korjausrakentamisessa asennetaan seinien pinnalle. Nämä ovat aikanaan helppo uusia ilman seinien tai lattioiden aukomista.

Kaila (1997, 13) vertaa **kuntotutkimusta** lääkärintarkastukseen. Mielestäni tämä vertaus on hyvä. Ihmiset käyvät joko säännöllisesti tai säännöllisen epä-säännöllisesti lääkärintarkastuksessa, yleensä ala- ja yläkouluissa oppilaana, työntekijänä työnantajan toimesta tai ikäihmiset säännöllisesti yhteiskunnan toimesta. Kiinteistöä tutkitaan hyvin harvoin, usein **kuntoarvio** tehdään asuntokauppojen yhteydessä tai sitten kuntotutkimus tehdään satunnaisesti suuren remontin yhteydessä.

Kiinteistön kohdalla pitkän tähtäimen suunnitelma tarvitsee siis kokonaiskuvan kiinteistön kunnosta ja korjaustarpeista. RT 18–11131 (2013, 2) mukaan ainoa keino saamiseen on säännöllisesti tehdyt kuntoarviot ja kuntotutkimukset. Näistä saadaan sekä kiinteistön lähtötiedot että säännöllisesti tehtynä muun muassa kiinteistön kunto, jolloin voidaan ajoittaa kunnossapitotoimet oikein.

4 ENERGIAN KULUTUS JA ENERGIAREMONTTI

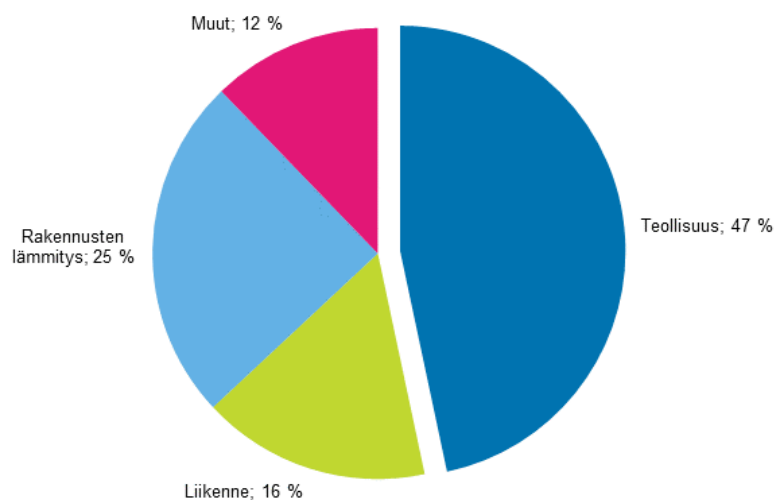
Suomessa käytetään kotimaassa valmistettua ja muista maista ostettua energiaa monella eritavoin. Maantieteellisesti Suomi on liikenteen kannalta haastava maa, sillä ihmiset asuvat harvassa – liikenteessä joudutaankin käyttämään paljon energiaa. Suomen ympäristö- ja sääolosuhteet pakottavat käyttämään energiaa rakennuksien osalta mm. lämmittämiseen ja valaisemiseen. Maamme teollisuus käyttää energiaa esimerkiksi tuotteiden valmistukseen.

Energiaa tulisi säästää, ja monelta osin tähän onkin kiinnitetty huomiota. Pientalojen osalta puhutaan energiaremontista osana korjausrakentamista, sillä huomattava osa energiankulutuksesta pientaloissa käytetään lämmittämiseen.

4.1 Energiankulutus

Vuonna 2014 Suomessa käytettiin 293 TWh energiaa (Tilastokeskus 2015a). Kuvassa 8 näkyy, miten energian loppukäyttö jakaantui. Kuvasta näkee, että rakennusten lämmittäminen vei 25 % kokonaisenergian määrästä. Rakennuksiin tilastokeskus luetteloi lähes kaikki erilliset, sijainpaikalleen kiinteästi rakennettu, omalla sisäänkäynnillä varustetut rakennelmat, jossa on katettu ja yleensä ulkoseinien rajoittama tila. Isoin yksittäinen rakennuskanta, jota tähän ei lueta, on kesämökit. (Tilastokeskus a). Rakennuksia oli Suomessa n. 1.5 miljoonaa (Tilastokeskus 2015e) ja ottaen huomioon Suomen luonnon asettamat vaatimukset lämmittämiseksi, niin mielestäni rakennusten lämmittämisen osuus on pieni verrattuna muihin sektoreihin.

Energian loppukäyttö sektoreittain 2014*

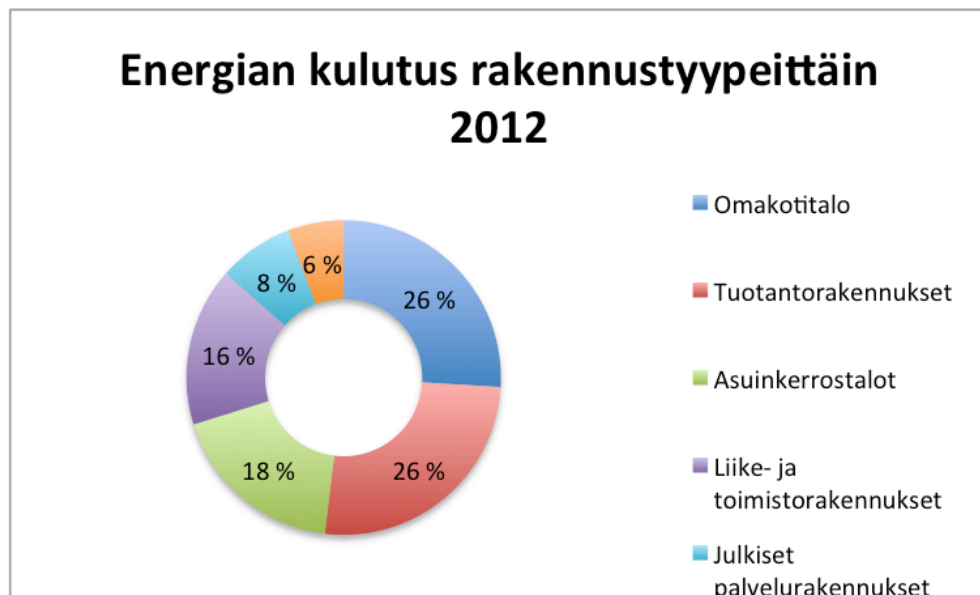


* ennakkollinen.

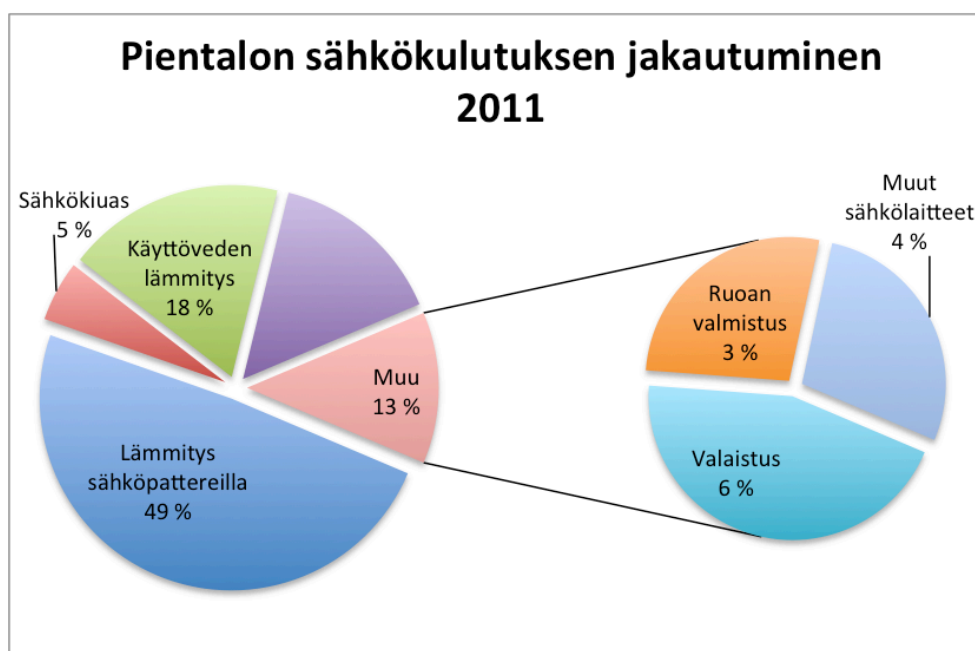
Kuva 8 Energian loppukäyttö Suomessa 2014 (Tilastokeskus 2015d)

Asuinrakennuksiin Tilastokeskus tilastoi: *erilliset pientalot* eli yhden ja kahden asunnon talot, paritalot ja muut erilliset pientalot, *rivi- ja ketjutalot* eli vähintään kolmen asunnon talot, jotka on kytketty toisiinsa ja *asuinkerrostalot* eli luhtitalot ja vähintään kolmen asunnon talot, joissa ainakin kaksi asuntoa sijaitsee

päällekkäin (Tilastokeskus b). Rakennuskannasta asuinrakennuksia oli vuonna 2014 n. 73%. Tänä vuonna 2014 asuinrakennusten energiankulutus oli 64 TWh, joka on noin 22 % kokonaisenergian kulutuksesta (Tilastokeskus 2015b). Mikäli energiankulutus oli samalla tasolla kuin kuvan 9 mukaan, energiaa kului omakotitalojen osalta 26 % kulutetusta kokonaisenergiasta (16,64 TWh). Tämä olisi ollut vuonna 2014 kokonaisenergiasta noin 6 % ja aikaisemmin sivulla 22 olleen kuvan 5 mukaan 16,64 TWh olisi käytetty noin 1.1 miljoonassa pientalossa. Silti pientalojen energiankulutus on julkisessa keskustelussa ja kyseenomaisten rakennusten energian säästötoimet ovat myös päätösten kohteena.



Kuva 9 Energian kulutus rakennustyypeittäin 2012 (Kauppinen 2012b, 2).



Kuva 10 Sähkölämmitteisen pientalojen sähkökulutuksen jakautuminen 2011 (Kotitalouksien sähkönkäyttö 2013, 42).

Pientalon energiankulutus aiheutuu käytönaikaisesta lämmityksestä ja lämpimän veden tuotosta. Valaistuksen ja taloussähkön osuus on selvästi pienempi vaikkakin kasvava osa (RIL 216–2013 2013, 24). Kuvassa numero 10 näkyy, kuinka vuonna 2011 sähkön kulutus jakaantui sähkölämmitteisessä neljän asukkaan 120m² suuruudessa pientalossa.

Valaistuksen osuus on varmasti pienentynyt, sillä vuodesta 2011 vuoteen 2015 on led-valaisimien ja -lamppujen määrä lisääntynyt, hinnat alentuneet ja että silmää miellyttävien värien saaminen tullut mahdolliseksi aiemmin hyvin kylmänsävyiseen ledien värimaailmaan. Lämmityksen osuus on saattanut myös pienentyä erilaisten lisälämmityslaitteiden, kuten ilmalämpöpumpun, tultua markkinoille.

4.2 Korjausrakentaminen ja energiatehokkuus

Kasvihuonepäästöillä on tutkimusten mukaan suuri vaikutus ilmakehässä tapahtuviin muutoksiin. Ilmastomuutoksen ennustetaan nostavan keskilämpötilaa 2–5 astetta ja sademäärää 10–20 % tämän vuosisadan loppuun mennessä. Olosuhteiden ennustetaan muuttuvan eniten talvella. Rakenteiden osalta varsinkin viistosade rasittaa julkisivupintoja, jolloin kosteuden siirtyminen ulkoa sisälle päin lisääntyy ja lisääntynyt kosteus luo homeelle otolliset olosuhteet.

Rakenteiden kuivuminen hidastuu ja jäätymis-sulamissyklit lisääntyvät talvisin, jolloin riski kivirakenteiden rapautumiselle lisääntyy. (Vinha, Laukkarinen, Mäkitalo, Nurmi, Huttunen, Pakkanen, Kero, Manelius, Lahdensivu, Köliö, Lähdesmäki, Piironen, Kuhno, Pirinen, Aaltonen, Suonketo, Jokisalo, Teriö, Koskenvesa & Palolahti 2013, 20). Jos asiaa ajattelee vain korjausrakentamisen lisääntymisen kannalta, kasvihuonekaasuja kannattaa lisätä, mutta koska kasvihuonekaasut vaikuttavat muutoinkin koko ihmiskuntaan, päästöjä on rajoitettava.

Korjausrakentamisessa kasvihuonepäästöihin voidaan vaikuttaa kahdella tavalla. toinen on aiemmin esille kohdassa 2.1.1 tuoduissa näkökulmissa rakennustuotteiden ekologisesta kestävydestä. Toinen liittyy rakennuksen energiankäyttöön. Rakennuksen energian käyttöön voi parhaiten vaikuttaa opastamalla rakennusten käyttäjiä käyttämään energiaa vähemmän ja järkevämmiin. Koska sähkölämmitteisen pientalon lämmittäminen eri muodoissaan vei kuvan 10 mukaan 49 % käytetystä sähköstä, on luontevinta ohjata pientalon asukkaita esimerkiksi laskemaan huoneiden lämpötilaa 1–2 asteella. Korjausrakentamisen kannalta rakennuksen energian käyttöön ohjataan lain puitteissa.

Korjaustoimenpiteitä, jotka eivät vaadi toimenpide- tai rakennuslupaa, saa tehdä vapaasti. Lahtisen (2014, 56) mukaan yleensä rakennusta saa kunnostaa ottaen huomioon rakennuksen rakentamisajankohdan mukaista lainsäädäntöä, mutta varmuuden tähän saa kunnan rakennusvalvonnalta. Mikäli pientaloon tehdään rakennusluvan tai toimenpideluvan tarvitsema toimenpide, on noudatettava voimassa olevaa lainsäädäntöä ja rakennusluvallisten projektien yhteydessä on tutkittava pientalon energiatehokkuutta.

Ympäristöministeriön 4/13 asetuksessa rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä on seuraavat kohdat, jotka koskevat pientalon energiaremonttia. Rakennushankkeeseen ryhtyvä voi valita kolmesta vaihtoehdosta yhden (Ympäristöministeriö 2013b):

1. Rakennusosien U-arvon parantaminen.
2. Rakennuksen energiankulutusta vähentämällä.
3. Rakennuksen kokonaisenergiakulutuksen parantaminen, siis E-luvun parantaminen. (Ympäristöministeriö 2013b, 8§).

Energiatehokkuutta parantavien toimenpiteiden kokonaan tai osittain tekemättä jättämistä voidaan kompensoida tekemällä muut toteutettavat toimenpiteet

ylittäen vaatimusten taso (Ympäristöministeriö 2013b, 3§).

Ensimmäisessä kohdassa peruskorjattavien, uudistettavien ja uusien rakennusosien vaatimukset ovat:

- a) Ulkoseinien U-arvo on oltava 0,5x alkuperäinen, kuitenkin enintään 0.17 W/(m²K). Käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä riittää U-arvoksi 0,6 x alkuperäinen, kuitenkin enintään 0.60 W/(m²K). Yläpohjan osalta U-arvon tulee olla 0,5 x alkuperäinen, kuitenkin enintään 0.09 W/(m²K). Käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä riittää U-arvoksi 0,6 x alkuperäinen, kuitenkin enintään 0.60 W/(m²K).
- b) Alapohjan energiatehokkuutta parannetaan mahdollisuuksien mukaan.
- c) Uusien ikkunoiden ja ulko-ovien U- arvon on oltava 1.0 W/(m² K) tai parempi. Vanhoja ikkunoita ja ulko-ovia korjattaessa on lämmönpitävyyttä parannettava mahdollisuuksien mukaan. (Ympäristöministeriö 2013b, 4§).

Toisessa kohdassa energia kulutusta voidaan parantaa rakennusluokittain, jolloin energiankulutuksen tulee olla ≤ 180 kWh/m (Ympäristöministeriö 2013b, 6§).

Kolmannessa kohdassa kokonaisenergian (E-luvun) tulee olla standardikäytäntöön perustuen laskettuna pientalon kohdalla E-vaadittu $\leq 0,8$ x E-laskettu (Ympäristöministeriö 2013b, 7§).

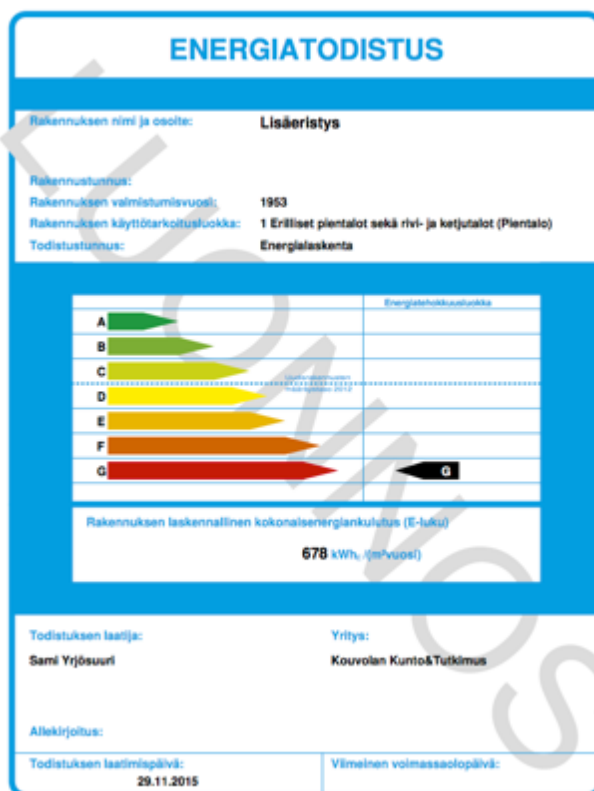
Nämä asetukset eivät koske suojeltuja rakennuksia, joiden osalta määräyksiin noudattaminen aiheuttaisi suojeltuihin osiin muutoksia, joita ei voida pitää hyväksyttävänä (Ympäristöministeriö 2013b, 1§). Lisäksi pientaloa myyessä tai vuokrattaessa täytyy 1.7.2017 eteenpäin olla energiatodistus, jonka saa pätevätoineelta laatijalta (Ympäristöministeriö 2013a).

U-arvo ja E-arvo

Nielsen, A. (2015, 28–29) kirjoittaa siitä, kuinka laskennallisessa ja käytännössä mitatuilla energian kulutuksilla on eroa – yleensä niin päin, että käytännön kulutus on suurempi kuin laskennalliset arvot. Käytännön kuluttamisen mittaaminen vaatisi jokaisen pientalon kohdalla tapahtuvaa mittaamista, joka on käytännössä mahdotonta, ellei sitten jokaisen rakennukseen asenneta käyttö sähköä mittaavaa keskusta. Tämän takia käytössä on E-luku. E-luvun määrittelyssä lasketaan yhteen laskennallinen vuotuinen ostoenergia ja energiamuotojen kertomien tulot energiamuodoittain lämmitettävää nettoalaa kohden. Energiamuotojen kertoimet ovat: sähkö 1.7, kaukolämpö 0.7, kaukojäähdytys 0.4, fossiiliset polttoaineet 1.0 ja rakennuksessa käytettävät uusiu-

tuvat polttoaineet 0,5 (Ympäristöministeriö 2013d, 1). Lisäksi ilmanvaihdolla on merkitys E-lukua laskettaessa. E-luvussa ei huomioida uusiutuvalla energiamuodolla tuotettua energiaa, eli esimerkiksi takalla lämmittäminen ei vaikuta E-lukuun. Tekijät, jotka vaikuttavat E-luvun laskentaan ja tulokseen ovat rakenteet ja niiden lämmönläpäisykertoimet, siis U-arvo ja rakenteiden ilma-voudot. (Ympäristöministeriö 2013a, 3–6.) Tässä opinnäytetyössä en perehdy tarkemmin E-luvun laskentakaavioihin, koska niiden läpikäyminen ja itse laskeminen olisi itsessään opinnäytetyön osan laajuinen.

Toinen tapa toteuttaa E-luvun laskenta ovat erilaiset ohjelmat. Kydata Oy:n Cads House -ohjelmistolla pystyy rakenteellisen ja taloteknisen suunnittelun lisäksi laskemaan rakennuksen E-arvon. Tässä opinnäytetyössäni ei käydä läpi E-luvun laskentaa Cads House -ohjelmistolla, koska aihe on niin laaja, että siitä on tehty opinnäytetyö, jota voi käyttää ohjeena (Vartiainen 2014). Tämän työn tutkimuksellisen osuuden aikana laskettiin ohjelmistolla Vartiaisen (2014) ohjeita noudattamalla esimerkkitalon E-luku. Kuvassa 11 esitetyn energiatodistuksen mukaisesti E-luku on 678 kWh/(m²vuosi) energiatehokkuudenluokan ollessa G (Cads House).



Kuva 11 Cads House-ohjelmistolla laskettu esimerkkitalon E-todistus.

Rakenteen U-arvo (entinen K-arvo) voidaan määrittää yhtälöstä 1.

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (1)$$

jossa R = kerroksen lämmönvastus $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$

d = ainekerroksen paksuus metreinä

λ = ainekerroksen normaalin (tai tyyppihyväksytty) lämmönjohtavuus, $\frac{W}{mK}$

Useasta rakenteesta muodostuva kokonaisuuden U-arvo voidaan määrittää yhtälöstä 2.

$$R_T = \sum R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (2)$$

jossa

R_{si} = sisäpinnan pintavastus (taulukko 2)

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} \text{ (1. materiaali)}$$

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} \text{ (2. materiaali)}$$

$$R_n = \frac{d_n}{\lambda_n} \text{ (n. materiaali)}$$

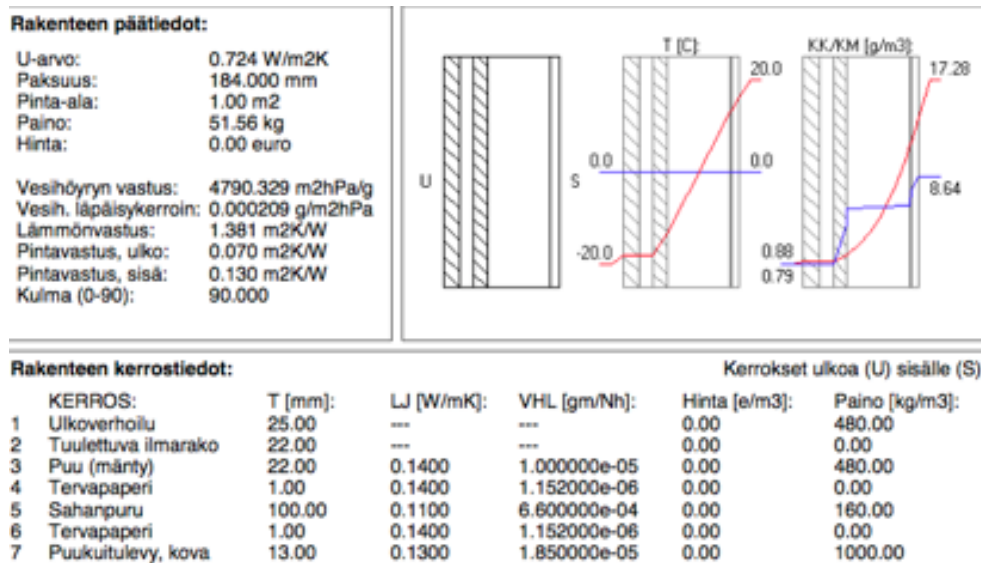
R_{se} = ulkopinnan pintavastus (taulukko 2)

Taulukko 2 Tyypilliset pintavastukset (SFS-EN 6946, 2008)

Pintavastus ($m^2 K/W$)	Lämpövirran suunta		
	Ylöspäin	Vaakasuoraan	Alaspäin
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

Kaavojen sijaan U-arvo voidaan määrittää käyttämällä erilaisia laskennallisia ohjelmia. Tässä opinnäytetyössä U-arvoa ei ole laskettu edellä esitettyjä kaavoja käyttäen käsinlaskentaa, vaan U-arvon määrittelemiseksi käytettiin laskentaohjelmaa. Esimerkkitalon rakenteiden U-arvot laskettiin D.O.F Tech Oy:n laskenta- ja mitoitusohjelmalla DOF-Lämpö. (DOF-Lämpö 2016).

Kuvassa 12 on esimerkkitalon ulkoseinän (US1) rakennetiedot ja ohjelman laskemat tulokset.



Kuva 12 US1 seinärakenteen tiedot laskenta- ja mitoitusohjelmasta (DOF-Lämpö).

5 LÄMMÖNERISTEET JA NIIDEN LISÄÄMINEN

Paras lämmöneriste rakenteessa on paikoillaan pysyvä ilma (λ -arvo on 0.002 W/mK Kaila 1997, 465), joka estää lämmön konduktion, eli siirtymisen aineesta toiseen. Erilaiset ilmiöt aiheuttavat konvektiota, ilman liikkumista ja siten lämmön liikkumista, sillä vain tyhjiössä ilma pysyy täysin paikoilla. Lämmön siirtymisen estämiseksi käytetään lämmöneristeitä, jotka ovat pääsääntöisesti yli 90 % ilmaa ja loppuosa huokoista materiaalia, joka pitää ilman paikoillaan. Huokoisten materiaalien kautta tapahtuu lämmön siirtymistä, joten niitä on mahdollisimman vähän materiaaleista

Mineraalivilla

Yleisimmin käytetty lämmöneriste on mineraalivilla, jolla tarkoitetaan sulasta lasi- tai kiviaineesta valmistettuja kuituja. Lasivilla tehdään pääosin jätelasista, kivivilla emäksisistä kivilajeista lisäten hartsia ja öljyä (Lahtinen 2014, 152). Mineraalivillaa on saatavissa sekä levyinä että puhallusvillana.

Puukuitueriste eli selluvilla

Puukuitueriste perustuu puumateriaaliin, joka valmistetaan joko selluloosasta, paperista tai puukuidusta. Paperiksi kelpaa vain puhdas sanomalehtipaperi. Puukuitueriste toimii kosteuden siirtymisen kannalta, eli rakennusfysikaalis-

ti, hyvin samankaltaisesti kuin puu, ja siksi puukuitueristettä käytetään usein juuri puurunkoisissa ja -verhoiluissa pientaloissa. (Kaila 1997, 512–517). Tässä yhteydessä käytetään usein termiä hengittävä rakenne. Hengittävässä rakenteessa on tärkeää se, että kaikki käytetyt rakennusmateriaalit ovat difuusioavoimia materiaaleja.

Toinen puukuidusta valmistettu lämmöneristämiseen käytetty materiaali on puukuitulevy, joka valmistetaan jätehiokkeesta, havupuun ja muiden hukka-puun sahausjätteestä. Puu haketetaan ja hierretään paineen ja lämmön avulla kuiduiksi, josta mm. huovuttamalla tehdään puukuitulevyä. Lisäksi kuituun lisätään lisäaineina muun muassa parafiinia ja alumiinihydroksidia lisäämään kosteus- ja palokesto-ominaisuuksia. (Kaila, P. 1997, 512–517.)

Polyuretaani

Polyuretaani valmistetaan öljystä levynä, jossa ilma on korvattu täytekaasulla (Kaila, P. 1997, 537). Polyuretaanin vahvuus on sen pieni lämmönjohtokyky, $0.024\text{--}0.027\text{ W/mK}$ ja keveys. Tämän takia lämmöneristyksestä saadaan ohuempi kuin millään muulla eristeellä. Lisäksi polyuretaani ei tarvitse erillistä höyrynsulkua.

Polyuretaanivaahdo

Polyuretaania myydään myös paikalla ruiskutettavana vaahtona, joka laajenee ja kovettuu tiivistäen rakenteissa olevat raot. Vaahtoa käytetään sekä asennus- että korjaustyössä. Polyuretaanivaahdon heikkous on kovettuneen vaahdon kutistuminen ajan kanssa, jolloin ilmatiiviys kärsii (Kaila, P. 1997, 538). Palaessaan vaahdosta syntyy erittäin paljon savua ja myrkyllistä syaanivetyä ja isosyaniittia (Heino & Sundholm 1995, 26).

Polyuretaanivaahdon eristävyys tehokkuus vaatii sekä oikeanlaisen vaahdon käyttämistä oikeissa olosuhteissa että vaahdon oikeanlaista asentamista. Polyuretaanivaahdon tartunnan varmistamiseksi ja eristävän huokosrakenteen aikaansaamiseksi eristeen pinta kostutetaan tarvittaessa vesisumuttimella. Pinnan tulee olla kostea, ei vesimärkä. Polyuretaanivaahdo tarvitsee kosteutta reagoidakseen oikealla tavalla. Lisäksi vaahtoa lisätään vähintään kahdessa eri kerroksessa ja kerrosten väli kostutetaan. Mikäli polyuretaanivaahdo käytetään rakenteissa, joissa on mahdollista lämmön tai kosteuden aiheuttama

liikkuminen, tulee käyttää elastista polyuretaanivaahtoa, joka ei repeydy irti rakenteiden liikkeen vaikutuksesta yhtä helposti kuin joustamaton vaahto.

Polystyreeni

Kailan (1997, 537) mukaan Polystyreeni (EPS, paisutettu polystyreeni) tunnetaan myös nimellä valkoisena levynä myytävä styroxi. Toinen tunnettu polystyreeni on XPS (suulakepuristettu). Polystyreeni valmistetaan öljyä hyödyntäen osana muoviteollisuutta. Lämmöneristeenä polystyreeniä käytetään lähinnä alapohjien alapuolisena lämmöneristeenä, rakennuksen reunustoilla routasuojana ja putkien lämmöneristeenä.

Sahanpuru

Sahanpuru on materiaali, jota on aikoinaan käytetty perinteisenä eristeaineena. Usein sahanpurun lisäksi laitettiin kutterinpurua. Sahanpuru ja kutterilas-tun tiukkaan sullottu λ -arvo on 0.072, eli n. puolet nykyaikaisista lämmöneristeistä. Puru on puutuote ja siksi hengittävä, kosteutta sitova materiaali. Puru on palava ja kosteusvahingon yllättäessä lahoava aine. (Kaila, P. 1997, 509–512).

Purulla eristetyn seinän ominaisuutena on se, että eristeen ulkoreunassa laskentaohjelmat ilmoittavat rakenteessa olevan veden tiivistymisvaaran. Kuvassa 13 seuraavalla sivulla on nähtävissä kahdessa pisteessä (4 ja 5) tiivistymisvaara. Nämä pisteet ovat ulomman tervapaperin molemmiin puolin, joista sisempi on siis sahanpurueristeen ulkopinnassa (katso kuva 12 sivulla 38). Tämä on siis ominaisuus, ei virhe, sillä puru toimii myös tiivisteinä estäen mahdollisen kosteuden aikaansaaman mikrobikasvuston tuottamien ihmiselle haitallisten kaasujen tms. pääsemisen rakennuksen sisäilmaan.

Mikäli yläpohjaa lisäeristetään puukuitupuhallusvillalla, tulisi sahanpuru jättää paikoilleen estämään puhallusvillan sisällä tapahtuvan konvektion vaikutusta sisempiin rakenteisiin. Tästä samasta aiheesta kirjoittaa Vinha ym. (2013, 338) seuraavasti: *paras tapa vähentää puhalluseristeissä tapahtuvaa sisäistä konvektiota on pienentää eristeen ilmanläpäisevyyttä. Tämä voidaan tehdä kasvattamalla eristeen tiheyttä ja/tai lisäämällä eristeen joukkoon sideainetta. Yläpohjarakenteissa sisäisen konvektion vaikutusta voidaan vähentää myös asettamalla puhalluseristeen alle rakenteen sisäpintaan 100 mm paksuinen levyeriste.*

Lämpötilat ja kosteudet:			3:n päivän kylmin (0.0 h)		
Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-18.27	1.02	0.79	77.6	0.00
2	-18.27	1.02	0.79	77.6	0.00
3	-18.27	1.02	0.79	77.6	0.00
4	-14.38	1.47	4.31	100.0	0.00
5	-14.20	1.49	5.70	100.0	0.00
6	8.29	8.48	5.94	70.0	0.00
7	8.46	8.58	7.33	85.4	0.00
8	14.31	12.34	7.52	60.9	0.00
9	16.78	14.31	8.64	60.4	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Kuva 13 DOF-Lämpö ohjelmalla lasketun esimerkkitalon US 1:n tiivistymis-/homevaara.

5.1 Lämmöneristeet ja kestävä kehitys

Siihen, miten lämmöneristeet ja kestävä kehityksen neljä kestävyyttä liittyvät toisiinsa on löydettävissä seuraavat näkökulmat. Yleisimpinä lämmöneristeinä käytetään kivi-, lasi- tai puukuituvillaa, polyuretaania ja polystyreenia.

5.1.1 Lämmöneristeiden ekologisuus

Taulukosta 1 sivulla 16 kävi ilmi rakennustarvikkeiden valmistukseen kuluva energia ja hiilidioksidipäästöt. Taulukossa 3 on osittain mukautettu poiminta samasta kuvasta, mutta tähän on laskettu näkyviin esimerkkitalon US1:n puurueristeen vaihtaminen toiseen eristeeseen. Tässä kuvassa ei ole laskettu lämmöneristeiden hiilijalanjälkeä. Tämän kuvan perusteella voi tehdä jonkinlaista vertailua siitä, minkälaisia ekologisia tuotteita nämä viisi lämmöneristettä ovat. Kuvan perusteella puukuitutuulensuoja ja puukuituvilla ovat ekologisimpia lämmöneristeitä, mutta lähelle samoihin lukuihin pääsevät lasivilla ja kivivilla.

Taulukko 3 Lämmöneristeiden valmistuksen ja lisäämisen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt.

Eriste	Tiheys		CO ₂ kg/kg	kg/m ²	CO ₂ /m ²	kg/m ² yht.	co ₂ /m ² yht.
	Paksuus (m)	kg/m ³					
Lasivilla	0,045	100	0,8	4,50	3,60	6,75	5,40
	0,15	15	0,8	2,25	1,80		
Kivivilla	0,175	30	0,99	5,25	5,20	6,15	6,09 ¹⁾
	0,03	30	0,99	0,90	0,89		
Puukuituvilla	0,175	65	0,18	11,38	2,05	18,88	4,30 ¹⁾
Puukuitu ts.	0,025	300	0,3	7,50	2,25		
Polyuretaani	0,13	40	4,2	5,20	21,84	5,20	21,84
Polystyreeni	0,2	38	3,66	7,60	27,82	7,60	27,82

¹⁾ Laskettu yhteen, sillä rakenteeseen tarvitaan myös tuulensuojalevy.

Koko hiilijalanjälkeä voi laskea esimerkiksi erilaisilla laskentaohjelmilla, kuten Suomen ympäristökeskuksen Microsoft Excel -pohjainen Synergia hiilijalanjälki -työkalulla. Sen avulla voidaan laskea suunniteltavalle rakennukselle hiilijalanjälki. (Synergia 2010.) Hiilijalanjäljessä otetaan huomioon hiilivarasto, joka puupohjaisten eristeiden kohdalla muuttaa CO₂ kg/kg lukeman negatiiviseksi. Esimerkiksi puukuituvillan CO₂ kg/kg arvo on -0,735 (RT 38504. 2014).

Synergia hiilijalanjälki -työkalulla esimerkkitalon hiilijalanjälki laskettiin pohjautuen kuvaan 14 sivulla 46 ilman lisäeristämistä. Laskennan lopputulokset ovat taulukossa 4, seuraavalla sivulla. Ylin taulukonrivi on esimerkkitalo ilman eristeiden lisäämisiä. Muissa taulukkoriveissä ulkoseinän US1:n sahanpuru on vaihdettu rivin vasemman puoleisessa solussa mainittuun eristeeseen samoin kuin US2:n ja US3:n mineraalivilla ja tuulensuojalevyt. Lisäksi kaikissa neljässä alimmassa vaihtoehdossa yläpohjaan on lisätty 375 mm puukuitupuhallusvillaa sahanpurueristeen päälle. Viimeisin vaihtoehto on henkilökohtaisen mielenkiinnon vuoksi otettu mukaan vertailuun, sillä λ -arvoltaan kivivilla on lähellä puukuituvillaa. Mikäli esimerkkitalo lisäeristetään, hiilijalanjäljen perusteella ekologisin eristevaihtoehto on puukuitueriste. Tällä eristeellä saavutetaan lähes alkuperäisen eristykseen hiilijalanjälki, ja se on selvästi hiilijalanjäljeltään parempi (-72 kg CO₂-ekv) kuin seuraavaksi paras (3 kg CO₂-ekv).

Taulukko 4 Synergia hiilijalanjälki-työkalun laskentatulokset.

Esimerkkitalo Ilman muutoksia	päästöt	Hiilijalanjälki varasto	yhteensä
	kg CO ₂ -ekv	kg CO ₂ -ekv	kg CO ₂ -ekv
Päärakenteet yhteensä	288	415	-126
US1 175mm puukuitueriste + 2x25 mm tuulensuoja	Hiilijalanjälki		
US2 ja US3 148mm mineraalivillaa + 30mm mineraalivillatuulensuoja	päästöt	varasto	yhteensä
	kg CO ₂ -ekv	kg CO ₂ -ekv	kg CO ₂ -ekv
Päärakenteet yhteensä	312	383	-72
US1, US2 ja US3	Hiilijalanjälki		
100mm PU + 40mm PU	päästöt	varasto	yhteensä
	kg CO ₂ -ekv	kg CO ₂ -ekv	kg CO ₂ -ekv
Päärakenteet yhteensä	328	298	30
US1, US2 ja US3	Hiilijalanjälki		
100mm PU ja 50mm mineraalituulensuoja	päästöt	varasto	yhteensä
	kg CO ₂ -ekv	kg CO ₂ -ekv	kg CO ₂ -ekv
Päärakenteet yhteensä	315	298	17
US1 175mm mineraalivilla + 2x25mm mineraalivillatuulensuoja	Hiilijalanjälki		
US2 ja US3 148 mineraalivilla + 30mm mineraalivillatuulensuoja	päästöt	varasto	yhteensä
	kg CO ₂ -ekv	kg CO ₂ -ekv	kg CO ₂ -ekv
Päärakenteet yhteensä	301	298	3

Toinen ekologisuuteen kuuluva asia on se, mitä lämmöneristeelle tapahtuu elinkaaren päättyessä. Jos puhutaan esimerkiksi seinärakenteen elinkaaren päättymisestä, se ei välttämättä tarkoita rakenteessa olleen lämmöneristeen elinkaaren päättymistä. Lämmöneristeen elinkaari voi jatkua uusiokäytössä. Tätä mahdollisuutta on myös nähtävissä taulukosta 5, seuraavalla sivulla. Mikäli lämmöneristeen elinkaari on päättymässä, tulee siitä jätettä, jota koskee jätelaki. Jätelaki velvoittaa toiminnanharjoittajaa, jonka tuotannossa syntyy jätettä, noudattamaan seuraavaa etusijajärjestystä: *Ensisijaisesti on vähennettävä syntyvän jätteen määrää ja haitallisuutta. Jos jätettä kuitenkin syntyy, jätteen haltijan on ensisijaisesti valmistettava jäte uudelleenkäyttöä varten tai toissijaisesti kierrätettävä se. Jos kierrätys ei ole mahdollista, jätteen haltijan on hyödynnettävä jäte muulla tavoin, mukaan lukien hyödyntäminen energiana. Jos hyödyntäminen ei ole mahdollista, jäte on loppukäsiteltävä.* (Jätelaki 8§.) Tämä laki on voimassa ainakin vuoteen 2016 asti. Miten lämmöneristeitä voidaan käsitellä, on nähtävissä taulukosta 5.

Taulukko 5 Eristeiden uusiokäyttö tai käsittely jätteenä.

Eriste	Uusiokäyttö	
Mineraalivilla	Eivät maadu, voidaan käyttää kevennysaineena esim. maarakennustöissä.	(RT 36-11090. 2012)
Puukuituvilla	Voidaan käyttää uudestaan eristeenä tai laimennettuna maanparannusaineena	(RT 38504. 2014)
Polystyreeni	Voidaan käyttää uudestaan, kierrättää tai hävittää polttamalla polttolaitoksissa.	(RT 36-11102. 2012) ja (RT-11113. 2013)
Polyuretaani	Voidaan käyttää uudestaan, kierrättää tai poistaa energiajätteiden tai sekajätteiden mukana polttolaitoksissa.	(RT 38549. 2014)

Kolmas ekologisuuteen kuuluva asia on se, mistä lämmöneristeet valmistetaan. Heinon ym. (1995, 27) mukaan:

Kivivillan kuituraaka-aineena on kotimainen kivi, diabaasia tai vastaavaa sekä kalkkikiveä. Sideaineena käytetään ureamodifioitua fenoli- tai formaldehydihartsia.

Lasivillan raaka-aineena on kvartsihiekkä, sooda ja kalkkikivi. Raaka-aineet ovat uusiutumattomia luonnonvaroja. Lasivillan kuituraaka-aineesta noin 50–80 % korvataan Suomessa kierrätyslasilla. Sideaineena käytetyn kertamuovin raaka-aine on öljy, joka on myös uusiutumaton luonnonvara.

Puukuituvillaeriste valmistetaan puuhiokkeesta tai keräyspaperista. 80 % on kierrätyskuituja ja 20 % haihtumattomia booraksia ja boorihappoa. Booraksin ja boorihapon takia puukuituvillaeriste pitää hävittämisen yhteydessä laimentaa ennen kaivamista maahan.

Kailan (1997, 528–538) mukaan **polyuretaani** on muoviteollisuuden tuote, ja muoviteollisuuden pääraaka-aine on öljy. Polyuretaanin raaka-aineet ovat isosyanaatti, polyoli ja punneaine. Punneaineella korvataan ilma, jolloin U-arvo saadaan pienemmäksi.

5.1.2 Lämmöneristeiden taloudellinen kestävyys

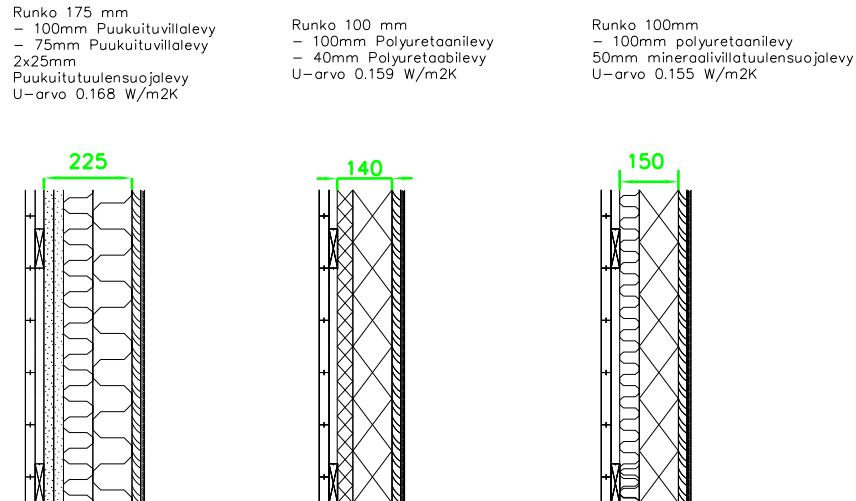
Taloudellista kestävyyttä voi lähestyä lämmöneristeiden λ -arvoja (W/m^2K) vertailemalla. Seuraavan sivun taulukko 6 λ -arvot on otettu DOF-Lämpö ohjelman oletusarvoista. Tässä vertailussa parhaan λ -arvon saa polyuretaani, joka on siis tältä osin taloudellisin eriste.

Taulukko 6 Lämpöeristeiden λ -arvoja

Eriste	λ -arvo
Kivivilla	0,034
Lasivilla	0,033
Puukuitueriste	0,038
Polystyreeni	0,037
Polyuretaani	0,024

Kuvassa 14, seuraavalla sivulla, esitetään, mitä rakenteen paksuudessa polyuretaanin λ -arvo 0,024 verrattuna puukuitueristeen 0,038 tarkoittaa laskennallisesti. Seinän pohjana on esimerkkitalon lämmöneristeen lisääminen niin, että US1:stä poistetaan sahanpurueriste, mutta jätetään sisäpuolelle laudoitus ja sen takana olevat rakennusmateriaalit. Eristeiden lisäämisen jälkeen seinästä tulisi rakennusfysikaalisesti toimiva rakenne, ja tavoitteena on eristeiden vakiopaksuuksilla saavuttaa U-arvon 0,17 alitus. Alkuperäisen US1:n vastaava paksuus olisi 144 mm.

Polyuretaanilla saavutetaan alitus 140 mm eristepaksuudella, kun puukuituvilla- ja tuulensuojalevyillä tarvitaan 225 mm paksuus. Polyuretaanilla ja mineraalituulensuojalevyllä alitus saavutetaan 150 mm paksuudella. Polyuretaani-polyuretaani ja polyuretaani-mineraalivillatuulensuojalevyllä ei tarvitsisi muuttaa rungon paksuutta.



Kuva 14 DOF-Lämpö -ohjelmalla kuvattuna eri eristeillä eristetyn seinän paksuudet.

Mitä tämä tarkoittaa tarvikekustannuksina esimerkkitalossa? US1:stä puretaan ulkoverhoilu, ulompi laudoitus, tervapaperi ja poistetaan sahanpuru. Purusta, asennuksesta ja kasauksesta aiheutuvia työ- ja rakennustarvikekustannuksia ei ole tässä huomioitu. Taulukosta 7 on nähtävissä käytettävien eristeiden ja mahdollisten muiden lisämateriaalien kustannukset. Kolmas versio, jossa käytetään sekä polyuretaania että mineraalivillaista tuulensuojalevyä, olisi siis taloudellisesti edullisin.

Taulukko 7 Eristeiden yms. hinnat

Eristemateriaali	Hinta (€/m ²) ¹⁾	Tuulensuojalevy	Hinta (€/m ²) ¹⁾	Mahdollisia muita lisämateriaaleja ²⁾	Hinta (€/m ²) ¹⁾	Hinta yhteensä (€/M ²)
Polyuretaanilevy 100mm	22,19	Polyuretaanilevy 40mm	12,12			34,31
Puukuitulevyeriste 175mm	22,71	Puukuitulevy 2x25mm	15,84	Lisärunkotolppa 50x75x3500 ³⁾ (2kpl/m ²)	9,63	48,18
Polyuretaanilevy 100mm	22,19	Mineraalivilla 50mm	8,64			30,83

¹⁾ hinnat (Taloon)

²⁾ kiinnikkeitä ei ole huomioitu, eikä polyuretaanin kiinnityksessä käytettävää vaahtoa

³⁾ arviolta keskimääräisen tolpan pituus

Lämmöneristeiden kehittäminen avaa uusia mahdollisuuksia tehdä tuotekehitystä ja vaikuttaa osaltaan Suomen taloudelliseen tilanteeseen. Eristeiden kehittäminen vaatii myös asentajilta uudenlaisia ammattitaitoja ja näiden saaminen koulutusta – koulutuksen on myös kehityttävä vastamaan uusia vaatimuksia. Tällä hetkellä erityisesti muovipohjaisten tuotteiden käyttöönotto uusissa käyttökohteissa edellyttää erityistä ammattitaitoa. Ammattitaidon takeena on se, että rakenteista tulee kaikissa suhteissa toimivia, sillä lämmöneristeiden asennustekniikat poikkeavat merkittävästi kokoonpuristuvilla villaeristeillä soveltuvista tekniikoista.

5.1.3 Lämmöneristeiden sosiaalinen kestävyys, eli lämmöneristeen terveys-, kosteus- ja paloturvallisuusominaisuudet

Mineraalivilla

Jos rakennusosa on lämmöneristetty mineraalivillalla, tulee aina huolehtia sekä asennusvaiheessa että käyttäessä eristeen pysymisestä kuivana. Mineraalivilla ei sido kosteutta kuituihin, vaan vesihöyrynläpäisykyky on suuri. Kosteuden tiivistyessä kuitujen pintaan alentuu eristyskerroksen eristävyystehokkuus nopeasti. Kostean elementin sisällä villa myös helposti homehtuu. Puurakenteen sisällä kostuneesta mineraalivillasta irtoaa liukoista kalkkia, jota lahottaj sienet käyttävät ravintona. (Kaila 1997, 500–504.) Jotta mineraalivilla ei käytön aikana kastu ja vesihöyry ei pääse tiivistymään seuraavaan lämpimään kerrokseen tai kuidut eivät pääse hengitysilmaan, rakenteessa täytyy käyttää höyrynsulkuna muovia. Höyrynsulun tulee pysyä ehjänä niin asennettaessa kuin myös käytön aikana.

Mineraalivillat luokitellaan ihoa ärsyttäviksi. Osa mineraalivilloista voi ominaisuuksistaan riippuen kuulua myös syöpää aiheuttavien aineiden ryhmään 3 (Carc. Cat.3) eli aineisiin, jotka mahdollisesti ovat ihmiselle syöpää aiheuttavia, mutta joista saatavissa oleva tieto on riittämätöntä tyydyttävän arvion tekemiseksi (Sosiaali- ja terveysministeriö 2005). Työtehoseuran (2010) mukaan vain pieni osa kuiduista pääsee keuhkoihin ja suurin osa jää ylempiin hengitysteihin. Kuidut aiheuttavat ihon, silmien ja hengitysteiden ärsytystä, ja ne saattavat altistaa ylähengitysteiden tulehduksille. Eristevillakuitujen poistumisaika elimistöstä on muutamia viikkoja tai kuukausia, ja ne eivät todennä-

köisesti aiheuta pitkäaikaisia terveysvaikutuksia. Suomessa kaupan olevat teolliset lasivilla- ja vuorivillakuidut eivät ole syöpävaarallisiksi luokitettuja.

Puukuitueristeet

Puukuitueristettä ei luokitella palamattomaksi eristeeksi, mutta se kestää tulipalon rasituksia jopa mineraalivillaa paremmin. Tulipaloa, homeita, sieniä ja hyönteisiä vastaan kuiduttamisen yhteydessä paperimassaan lisätään tavallisesti boorihappoa ja booraksia. Puukuitueristeen kuitu on kosteutta sitova, siis hengittävä materiaali. Tämän ominaisuuden vuoksi se sopii myös rakenteisiin, joissa ei ole muovista höyrynsulkua. Puhallusvaiheessa täytyy käyttää hengityssuojaimia, sillä puupöly ja booriyhdisteet irtoavat puukuituvillasta. Lisäksi on jonkin verran esitetty ristiriitaisia tuloksia siitä, että booriyhdisteitä voi irrota asennetusta eristeestä hengitysilmaan. (Kaila 1997, 504–508.) Markkinoilla on puukuitueristeitä, joissa ei ole käytetty booriyhdisteitä. Näissä puukuidun lisäksi on käytetty pintaturvetta. Tämä yhdiste ei valmistajan mukaan tarvitse kemikaaleja homeilta yms. suojautumiseen. Tuotetta on saatavana vain levyinä. (Konto 2012).

Mikäli puukuitueriste puhalletaan märkänä, niin sen kuivuminen saattaa kestää yli seuraavan lämmityskauden. Märkänä puhallettu puukuituvilla painuu enemmän kuin kuivana puhallettu. Painumisen välttämiseksi valmistajat ovat kehittäneet niin märkä- kuin kuivapuhallettavia tuotteitaan tiettyihin eristettäviin rakenteisiin sopiviksi. Näitä ovat esimerkiksi vain alapohjaan tai seinään tarkoitetut puhallusvillatuotteet (RT 38504.2014).

Polyuretaani

Polyuretaanin kovetin, isosyanaatti, voi aiheuttaa allergisen reaktion ja valmistuksessa käytetyt palonestoaineet ovat terveydelle haitallisia. Palaessaan polyuretaanista vapautuu terveydelle hyvin vaarallisia palokaasuja. (Lahtinen 2014, 154–156.) Isosyanaatit ovat kemikaaliryhmä, joka aiheuttavat eniten ammattiastmoja Suomessa, lisäksi altistuminen isosyanaateille voi aiheuttaa allergista kosketusihottumaa. Suuret pitoisuudet voivat aiheuttaa akuutteja ärsytysoireita, kuten kutinaa, polttoa tai pistelyä nielussa, nenän tukkoisuutta ja ärsytysyskää. (Työterveyslaitos 2015.)

Polyuretaani kestää hyvin kosteutta. Hyvin tehty liitos varmistaa tiiviin ja kosteutta läpäisemättömän rakenteen.

5.1.4 Lämmöneriste ja kulttuurinen kestävyys

Kulttuurinen kestävyys tarkoittaa suomalaisuuteen kuuluvien perinteiden vahvistamista ja siirtämistä seuraaville sukupolville. Perinteisen rakentamisen materiaalina Suomessa on ollut puu, jota on jo tuhansia vuosia sitten ollut helposti saatavilla. Ensimmäiset jääkauden jälkeen rakennetut asunnot ovat olleet pyöreitä kota-mallisia rakennuksia. Noin tuhat vuotta sitten alettiin rakentamaan hirsitaloja, jotka väistyivät 1930-luvulla lautatalojen tullessa tilalle. Lautatalon syrjäytti 1960-luvulla levytalon tulo markkinoille. Levytalo erosi lautatalosta siinä, että runko jäykistettiin rakennuslevyillä. (Kaila 1997, 382–393.)

Perinteisen rakentamisen materiaali on puu ja näitä asuntoja on korjattu käyttäen samaa helposti saatavaa materiaalia. Hirsitalo eristettiin luonnosta löytyvillä materiaaleilla, kuten pellavalla ja sammaleella. Lautatalon eristeenä käytettiin luonnosta löytyviä materiaaleja, kuten sahanpurua ja kutterinlastuja. 1960-luvulla tulleen levytalon myötä kehitettiin lämmöneristeeksi materiaaleja, joita saatiin jalostamalla luonnosta löytyvistä raaka-aineista. Tosin luonnosta löytyminen tarkoitti sitä, että kyse oli usein myös uusiutumattomista raaka-aineista.

Nykyään on sahanpuru käytännössä väistynyt ja tilalle on kehitetty uusiutuvis- ta luonnonvaroista jalostamalla valmistettua puukuitueristeitä. Uusiutumattomasta raaka-aineesta valmistetut lasi- ja kivivilla ovat saaneet rinnalle kilpailijan polyuretaanista. Kulttuurisesti kestävin tämän päivän lämmöneriste on suomalaisen rakennusperinteen valossa puukuitueriste, sillä suurin osa raaka-aineesta tulee puusta jalostetusta materiaalista.

5.2 Lämmöneristeen lisäämisen toteuttaminen

Lämmöneristeen lisäämisen mahdollisuus ja tarve tulee aina tutkia ja kartoittaa tapauskohtaisesti. Lämmöneristeen lisäämisellä haetaan säästöjä lämmityksessä ja joskus myös asumismukavuutta vetoisuutta vähentämällä. Onnistunut lämmöneristeen lisääminen voi tuoda säästöjä, mutta onnistumisen taakkeena ovat etukäteen tehtävät asiat: rakenteen tutkiminen, rakennusfysiikan varmistaminen, lämmöneristysmateriaalin valitseminen olemassa ole-

van lämmöneristeelle sopivana sekä huolella suunniteltu ja tehty energiakorjaus. Lämmöneristeen lisäämisen voi toteuttaa joko vaipan ulko- tai sisäpuolelle tai seinän alkuperäisen eristeen vaihtamisena. Yleinen vaatimus on se, että lämmöneristeet ”harvenevat” eli niiden vesihöyryn vastus alenee ulospäin mentäessä.

Ulkoseinän kohdalla ulkopuolinen lämmöneristeen lisääminen on rakennusfysikaalisesti parempi vaihtoehto kuin sisäpuolinen lisäeristäminen, sillä yläpohjan, alapohjan ja väliseinien liitokset ja ulkonurkat saadaan samalla sekä tiiviiksi että yhdenmukaisiksi. Ulkopuolinen lämmöneristeen lisääminen on ulkoverhoilumateriaalien poistamisen ja asentamisen takia sekä kallista että usein työlästä. Räystäiden pituutta voidaan joutua jatkamaan, jolloin tarvitaan myös vesikaton korjaus tai uusiminen, ovet ja ikkunat saattavat jäädä syvennyksiin, joka muuttaa rakennuksen ulkonäköä ja päivänvalon ulottuvuutta sisätiloihin. Ulkopuolinen lämmöneristeen lisääminen kannattaakin tehdä vasta julkisivuremontin yhteydessä.

Koko eristeen vaihtaminen on mahdollista, ja se on helpointa toteuttaa ulkopuolelta. Eristeen vaihto voi tulla kyseeseen siinäkin tapauksessa, että lämmöneriste on syystä tai toisesta vaurioitunut. Kuvassa 15 seuraavalla sivulla, oikeanpuoleinen seinä on esimerkkitalon alkuperäinen US1 ja vasemmanpuoleiseen on lisätty ulommaisen vinolaudoituksen päälle 100 + 50 mm puukuituvillalevyjä, joiden päälle on asennettu 25 mm puukuitutuulensuojalevy. Esimerkkitalon kohdalla sahanpurueristeen ulkopinnalla saattaa olla kosteuden vaikutuksesta mikrobeita (SK on 100 %, jolloin kosteus alkaa tiivistymään). Eristeen vaihtaminen poistaisi riskin mikrobien pääsemisestä sisäilmaan, vaikka riski onkin purueristeen ominaisuuksien ansiosta hyvin pieni. Tämä riski johtuu siitä, että eristekerroksen vahventuminen siirtää kuvassa 15 olevat pisteet 4 ja 5, jotka ovat kostumisvaarassa ennen eristeen lisäämistä, lähemmäs sisäpintaa pisteiksi 7 ja 8. Eristeen lisäämisen vaikutuksesta rakenne lämpenee tämän pisteen kohdalla ja luo otollisemmat olosuhteet mikrobien kasvuille. Eristeen vaihtamisella voidaan saavuttaa seinän paksuutta vähemmän kasvattamalla parempi U-arvo, tällöin ei välttämättä tarvitse tehdä katto-remonttia ja ikkunat ovet eivät jää selkeisiin syvennyksiin.

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-18.21	1.02	0.79	77.2	0.00
2	-18.21	1.02	0.79	77.2	0.00
3	-18.21	1.02	0.79	77.2	0.00
4	-14.19	1.49	3.34	100.0	0.00
5	-14.00	1.52	4.35	100.0	0.00
6	9.27	9.03	4.52	50.1	0.00
7	9.45	9.13	5.53	60.5	0.00
8	13.47	11.72	8.08	68.9	0.00
9	16.67	14.22	8.64	60.8	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-19.53	0.91	0.79	86.5	0.00
2	-19.53	0.91	0.79	86.5	0.00
3	-19.53	0.91	0.79	86.5	0.00
4	-16.48	1.20	0.93	77.6	0.00
5	-7.66	2.69	1.07	39.9	0.00
6	9.99	9.45	1.36	14.4	0.00
7	11.04	10.09	3.72	36.9	0.00
8	11.09	10.12	4.66	46.0	0.00
9	17.19	14.66	4.82	32.9	0.00
10	17.24	14.70	5.76	39.2	0.00
11	18.29	15.64	8.12	51.9	0.00
12	19.13	16.43	8.64	52.6	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Kuva 15 Lämpötilat ja kosteudet, vasen on alkuperäinen US1, oikeanpuoleinen sama seinä, johon on purueristeen päälle lisätty eristettä (DOF-Lämpö).

Sisäpuolinen lämmöneristeen lisääminen on helpompi tehdä, mutta ylä- ja alapohjien ja väliseinien liitoksien kohdalla saattaa tulla rakennusfysikaalisia ongelmia, kuten kylmäsiltoja. Sisäpuolinen lämmöneristeen lisääminen pienentää asuinpinta-alaa. Ikkunoille tulee penkit, jotka ovat joidenkin mielestä hyvä muutos ja tervetullut uudistus. Ne saattavat aiheuttaa ikkunoiden huurtumista talvisin, koska lämmin ilma ei pääse huuhtomaan lasipintoja kuten aikaisemmin. Mikäli talossa on vesikiertoinen patterilämmitys, täytyy vesipattereita siirtää ja keittiön ym. vesikalusteiden kohdalla saattaa joutua muuttamaan käyttövesiputkiston kulkua, koska seinän sisäpinnat siirtyvät. Mahdolliset kosteiden tilojen vedeneristykset joudutaan tekemään uusiksi, koska seinä joudutaan osittain purkamaan lisäeristämisen vaikutuksesta. Vedeneristyksen tulee olla yhtenäinen. Sisäpuolinen lämmöneristeen lisääminen kannattaa tehdä pitkän tähtäimen suunnittelun pohjalta, eli sisäpuolisten laajojen korjaushankkeiden yhteydessä, jolloin säästetään merkittävästi muun muassa purkukustannuksissa ja materiaalien ja tarvikkeiden yhteishankintojen avulla.

Yläpohjan lämmöneristeen lisääminen on helppo toteuttaa vapaasti tuulettuvaan yläpohjaan, riittää se, että eristeen yläpuolelle jää riittävä ilmatila ja puhalluseristettä käytettäessä reunoille laitetaan tuuliohjaimet. Vinha ym. (2013, 332) suosittelevat lämmöneristeen lisäämisen yhteydessä aluskatteen alle lämpöä eristävää aluskatetta. Mikäli tila on liian pieni yläpuoliseen lämmöneristeen lisäämiseen, tehdään lisäys kattotuolien alapuolelle. Vesikatteen suuntaisen lämmöneristeen lisäämisen ainoa vaihtoehto on olemassa olevien lämmöneristeiden vaihtaminen U-arvoltaan parempiin eristeisiin. Asennukses-

sa on otettava huomioon riittävän ilmanvaihtuvuuden lämmöneristeen ja vesikatteen välille (RT 83–11161, 2014).

Alapohjan lämmöneristeen lisääminen on oikeastaan mahdollista vain ryömintätätilaisissa tai vapaasti tuulettuvissa alapohjissa. Näissäkin lisääminen on erittäin hankalaa ja usein kallista, koska koko lattia täytyy purkaa. Järkevin tapa on vaihtaa alapohjaeristeet U-arvoltaan parempiin eristeisiin ja laittaa maahan siihen sopiva lämmöneristekerros (Vinha ym. (2013, 335).

FRAME (Frame 2015) on projekti, joka tulee sanoista ”Future Envelope Assemblies and HVAC Solutions. Tässä projektissa *tutkittiin lämmöneristykseen lisäyksen ja ilmastomuutoksen vaikutuksia vaipparakenteiden kosteustekniseen toimintaan, rakennusten energiankulutukseen ja sisäilman olosuhteisiin*. FRAME-projektissa oli mukana useita osapuolia, kuten Tampereen teknillinen yliopisto ja Aalto-yliopiston Energiatekniikan laitos. Lisäksi kansainvälisiä yhteistyöyliopistoja olivat Chalmers ja Lund Ruotsissa sekä Dresden Saksassa. Rahoittajina tutkimuksessa olivat TEKES, Ympäristöministeriö, RT ja useat yritykset.

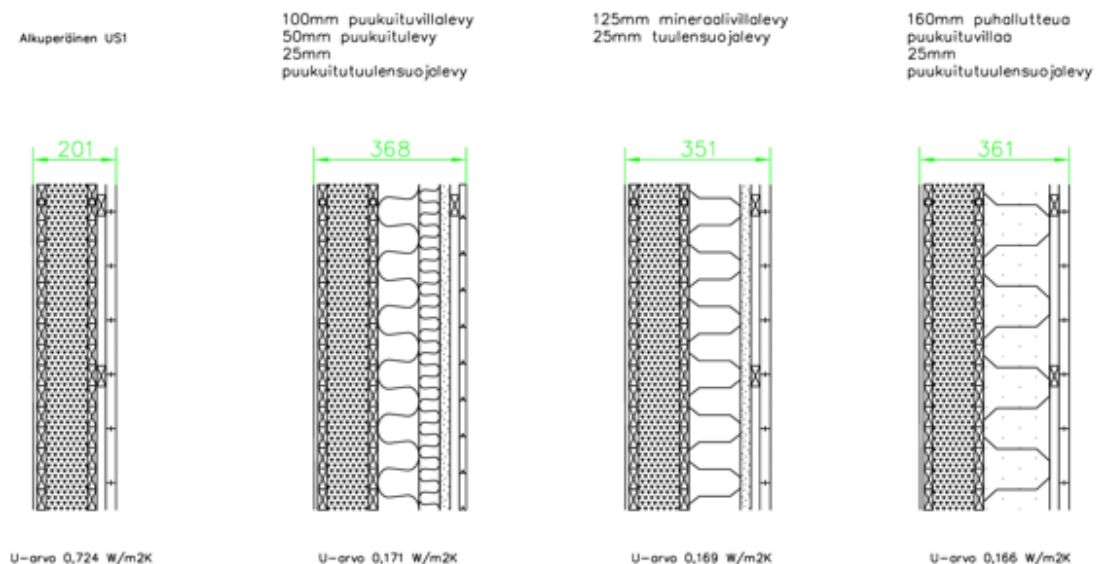
Projektin loppuraportti on nimeltään Ilmastomuutoksen ja lämmöneristykseen lisäyksen vaikutukset vaipparakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa ja rakennusten energiankulutuksessa. Tässä raportissa on kriittisyyttä olemassa olevaa Ympäristöministeriön asetusta 4/13 (Ympäristöministeriö 2013b) kohtaan. Kriittisyys on rakentavaa, sillä raportissa haetaan erilaisia ratkaisuja, joilla asetuksen vaatimukset voisi saavuttaa rakennusfysikaalisesti toimivilla rakenteilla Vinha (2013, 7).

Raportissa Vinha ym. (2013 4–7) kirjoittavat siitä, kuinka korjausrakentamisessa lämmöneristeen lisääminen vähentää lämmön siirtymistä vaipparakenteen läpi, jolloin rakenteen ulkoreunan lämpötila ja suhteellinen kosteus lisääntyvät. Ennustetun ilmastomuutoksen seurauksena lämpötilat nousevat ja sateiden määrä kasvaa. Näiden yhteisvaikutuksesta seuraa lisääntyvä riski homeen kasvuun ja kosteuden kondensoitumista ulkorakenteissa. Kosteus voi siis olla ongelma käytön aikana, mutta myös korjausrakentamisen aikana tulee kiinnittää huomiota kosteudenhallintaan. Rakenteet ja materiaalit tulee suojata sateen ja muun veden vaikutuksilta ja rakenteille on varattava riittävästi kuivumisaikaa ennen tiiviiden pinnoitteiden asentamista.

5.2.1 Esimerkkikohteen lämmöneristeen lisääminen

Esimerkkinä oleva pientalon kohdalla päädyttiin Ympäristöministeriön 4/13 asetuksen pohjalta keskittyä rakennusosakohtaisen vaatimuksen tutkimiseen, siis seinien, alapohjan, ikkunoiden ja ovien U-arvojen parantamiseen (Ympäristöministeriö 2013b, 4§). Purueristeisten ulkoseinien osalta on kaksi vaihtoehtoa: joko vaihtaa purueriste tai jättää purueriste paikoilleen ja paksuntaa vaippaa lisäämällä eristettä ulkopuolelle. Sisäpuolinen lämmöneristeen lisääminen olisi pienentänyt liikaa asuinpinta-alaa. Saunan ja pesuhuoneen osalta voidaan joko poistaa mineraalivilla tai lisätä mineraalivillan paksuutta. Yläpohjan osalta on helppoa lisätä lämmöneristettä. Ikkunoissa on jo kolmas lasi, mutta niille on vaikeaa laskea U-arvoa, joten ne pitäisi uusida kuin myös alkuperäiset ulko-ovet.

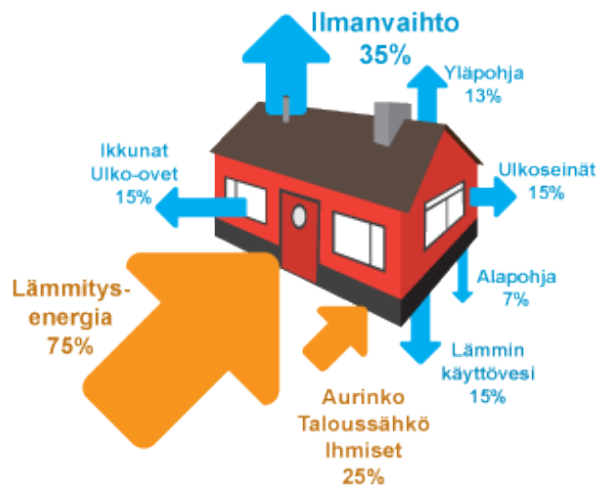
Kuvassa 14 sivulla 46 esiteltiin purueristeisen seinän kolme eri vaihtoehtoa purueristeen vaihtamiseksi toiseen eristeeseen. Kuvassa 16 näkyy, millaisia vaihtoehtoja on purueristeen päälle laitettaviin eristeisiin ja minkälaisia vaipanpaksuuksia kullakin eristeellä saadaan aikaan. Alkuperäisen US1 vaipanpaksuus on 201 mm ja ohuin vaippa tulee mineraalivillalla ja 25 mm tuulensuojalevyllä. Paksuin vaippa tulee puhallettavalla puukuituvillalla ja 2 x 25 mm tuulensuojalevyillä. Vaipan paksuuden kasvaminen ulospäin vähintään 150 mm vaatii räystäiltä riittävää pituutta, jotta viistosade ei pääse vaurioittamaan rakennetta.



Kuva 16 Vaippojen paksuus, kun purueristys jätetään ja ulkopuolelle lisätään lämmöneristeitä (Cads House).

5.2.2 Säästöt esimerkkitalon aikaan lämmöneristeen lisäämisellä

Kuvassa 17 havainnollistetaan, kuinka pientalosta häviää energiaa. Lämmitysenergiaa on siis mahdollista säästää. Esimerkkitalon ulkoseinien ja yläpohjan lisäeristämällä, ikkunoiden ja ovien kautta häviää kuvasta yhteenlaskettuna 43 % lämmitysenergiasta.



Kuva 17 Pientalon lämpöhäviöt (Puuinfo 2013, 2)

Seuraavalla sivulla oleva taulukko 8 osoittaa, miten pitkän takaisinmaksuajan säästetyissä energiamaksuissa esimerkkitalon ikkunoiden uusiminen vaatisi. Ikkunoiden uusiminen ei siis välttämättä ole kannattavaa, ellei ikkunoita voida enää kunnostaa. Esimerkkikohteessa on asennettu kolmas lasi, joka auttaa ikkunan energian säästämisen ja on kustannuksiltaan alhainen verrattuna koko ikkunan uusimiseen karmeineen. Energiankulutus, E-luku, on laskettu Cads House -ohjelmalla (Cads House).

Taulukko 8 Esimerkkitalon ikkunoiden vaihdon tuomat investoinnit ja takaisinmaksuaika	
Asuinpinta-ala m ²	90
Ikkunoiden pinta-ala, m ²	11,2
Lämmitykseen käytetty sähköenergia kWh/v	45765
61020 kWh/v x 0.75	
Sähkön hinta (siirto + energia) snt/kWh	7,23
Lämmityskulut yhteensä	3308,81
Vanhojen ikkunoiden lämpöhävikki (15 % lämmitysenergiasta), €/v	496,32
Uusien ikkunoiden lämpöhävikki (7,5 % lämmitysenergiasta) €/v	248,16
Säästö lämmityskuluista, €/v	248,16

Ikkunoiden lukumäärä	9
Uuden ikkunan hinta, €/kpl *	300
Asennustyö, €/ikkuna **	300
Muut kulut (jäte ym.), €	500
Investointikulut yhteensä	5900

Takaisinmaksuaika, v	24
-----------------------------	-----------

* talossa erikokoisia ikkunoita, joten otettu keskiarvohinta, perus MSE ikkuna karmeineen (Taloon)

** KOR 2015.

Ulkoseinien kautta häviää 15 % ja yläpohjan kautta 13 %. Miten paljon sitten säästöä voidaan näiden rakenteiden lämmöneristeen lisäämisellä saavuttaa? Taulukossa 9 seuraavalla sivulla on kustannuslaskelmien pohjalta investoinnin suuruus ja miten kauan investointien takaisin maksu energiasäästöjen myötä kestää. Lämmöneristeen lisäämisen investointi on tapauskohtainen ja riippuvainen valituista lämmöneristeistä. Esimerkkitalossa haluttiin pysyä kulttuurisen ja tietyiltä osin ekologisen kestävän kehityksen poluilla. Siksi eristeen materiaalivalinta olisi ollut puukuituvilla sekä levy-, tuulensuoja että puhalluseristeenä.

Seuraavalla sivulla olevassa taulukossa 10 on laskettu esimerkiksi 30 000 kulutusluotolle, joka tietysti lisää investointien takaisinmaksuaikaa.

Taulukko 9 Lämmöneristeen lisäämisen investoinnit ja takaisinmaksuaika

Lämmitykseen käytetty sähköenergia kWh/v ($61020 \text{ kWh/v}^{1)} \times 0.75$)	45765,00
Sähkön hinta (siirto + energia) snt/kWh ²⁾	7,23
Lämmityskulut yhteensä	3 308,81
Lämmöneristeen lisääminen	
Lämmitykseen käytetty sähköenergia kWh/v ($44550 \text{ kWh/v}^{1)} \times 0.75$)	33412,50
Sähkön hinta (siirto + energia) snt/kWh ²⁾	7,23
Lämmityskulut yhteensä	2 415,72
Lämmityskulut alkuperäisillä lämmöneristeillä, €/v	3 308,81
Lämmityskulut lisätyillä lämmöneristeillä, €/v	2 415,72
Säästö lämmityskuluissa, €/v	893,09
Lämmöneristeen lisääminen, julkisivuremontti ja räystäiden jatkaminen ostopalveluna, €. ^{3) 4)}	44499,63
Lämmöneristeen lisääminen, julkisivuremontti ja räystäiden jatkaminen itse tehtynä. ⁴⁾	18758,94

TAKAISINMAKSU AIKA, v

Lämmöneristeen lisääminen yms. ostopalveluna	50
Lämmöneristeen lisääminen yms. itse tehtynä.	21

¹⁾ Sähkön kulutus laskettu Cads House ohjelmalla²⁾ Sähkön hinta KSS Perus (Kss energia)³⁾ Työsuoritteiden hinnat KOR 2015⁴⁾ Tarvikkeiden hinnat (Taloon)

Taulukko 10 Kulutusluoton laskelma

30 000 euron kulutusluottolaskelma*	
Lainan suuruus	30000
Kuukausilyhennys	550
Laina-aika	59 kk, eli 4v 11kk
Arvioitu kokonaiskustannus	32629

* OP 2016

Investoinnin takaisinmaksuaika esimerkkitalossa energian säästöjen kautta on vähintään 21 vuotta. Tällaiseen laskentaan Vinha, J. ym. (2013, 7) kommentoi sitä, kuinka vaipparakenteiden lämmöneristykseen lisääminen Suomen rakentamismääräysten nykyisestä vertailutasosta ei ole enää taloudellisesti kannattavaa kerrostaloissa ja toimistorakennuksissa. Pientaloissa kannattavuus riippuu siitä, kuinka pitkä takaisinmaksuaika lisäeristämiseksi hyväksytään.

Hyväksyntä ja investoinnin suuruus sai esimerkkikohteessa päätymään toisenlaiseen vaihtoehtoon, nimittäin tiivistämiseen. Osasyys energiaremonttiin on energialaskujen ohella kylmyyden ja vetoisuuden tunne. Tiivistäminen on yksi

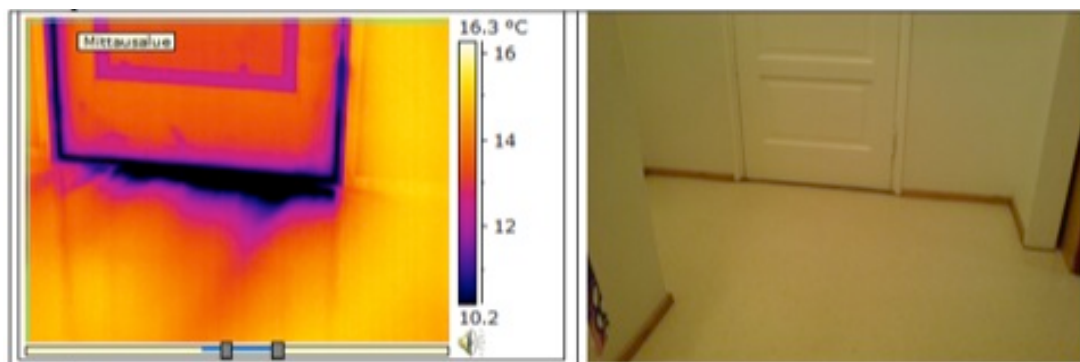
erittäin helppo ja edullinen tapa vähentää näitä molempia. Kaila (1997, 477) käyttää ilmaisua tuuli vie lämmön, eli paksuistakaan eristekerroksista ei ole hyötyä, jos tuulitiiviys ei ole kunnossa.

Rakennuksen vaipan ilmatiiviys vaikuttaa suoraan rakennuksen energiatehokkuuteen. Ilmatiiviissä rakennuksessa lämpö ei kulje ilmavirtausten mukana ulos eikä kylmää ilmaa tule sisälle. Laskennallisesti ilmanvuotoluku on suurempi mitä vanhempi talo. Esimerkkitalon ikäisen talon tyypillinen ilmanvuotoluku on 12, kun ilmanvuotoluku 4 vastaa tyydyttävää tasoa (Tiiveyskorjaus 2013).

Tiivistäminen esimerkkikohteessa on sinänsä helppoa ja edullista tehdä. Järkevintä tiivistämisen tekeminen on pitkän tähtäimen suunnitelmien mukaan.

Liite 6 korjaustyöseloste koskee tiivistämistä, jossa selostetaan ala- ja yläpohjan sekä ulkoseinän nurkkien, alapohjan eristetilan ja ikkunoiden tiivistäminen.

Rakennuksen ilmatiiveyden saa parhaiten esille suorittamalla ilmatiiveysmittauksen. Toinen keino ilmatiiveyden selvittämiseen on lämpökuvaus. Lämpökuvaus on olennainen osa myös kuntotutkimusta. Lämpökameran kuvissa on helposti nähtävissä ilmavuotoja rakenteista. Kuvassa 18 on esimerkki lämpökameralla otetusta kuvasta, jossa on oven alta nähtävissä selviä ilmavuotoja kylmän ilman tullessa epätiiviin oven ja kynnyksen välistä lämpimämpään sisäilmaan. Lämpökamera on tallentanut kuvanottohetkellä valokuvan samasta kohteesta. Pelkkä lämpökuvaus ei riitä, sillä lämpökuvassa ei näy selvästi konvektiot, ja mitattavan tilan lämpöiset ilmavuodot eivät näy ollenkaan lämpökamerassa. Tämän takia lämpökuvauksen yhteydessä käytetään merkisavua ja merkkikaasua.



Kuva 18 Lämpökuva ja valokuva samasta kohteesta.

Parhaiten säästöjä saa aikaan käyttämällä olemassa olevia lisälämmönlähteitä, kuten takkaa tai pystyuuneja. Lisäksi taloihin voi asentaa muita lisälämmönlähteitä, kuten ilmalämpöpumpun.

6 ESIMERKKINÄ OLEVA PIENTALO

Pientalo ei ole todellinen kohde, mutta siitä on yritetty tehdä todenmukainen. Liite 5 pitää sisällään rakennuspiirustukset.

Kohteena on yksikerroksinen pientalo. Rakennuksen pinta-ala on n. 90 m² ja rakennusvuosi on 1953. Lämmitysmuotona on suora sähkö, pesuhuoneessa on sähköinen lattialämmitys, talossa on varaava takka ja puuhella. Rakennukseen on 1985 tehty seuraavat remontit:

- Rakennukseen on sisälle tehty sauna ja pesuhuone, jonka yhteydessä saunan ja pesuhuoneen osalta muutettiin sekä ulkoseinän että väliseinän rakennetta.
- Vesikate uusittiin
- Viemäröinti uusittiin
- Ikkunoihin asennettiin kolmas lasi.

Osana lämmöneristeen lisäämistä rakennukselle tehtiin kuntotutkimus (liite 1), jonka yhteydessä on kartoitettu mahdolliset korjaustoimenpiteitä vaativat kohteet ja selvitetty ylä-, alapohjan ja ulkoseinien rakenteet. Raporttiin tutustumisen jälkeen käytiin keskustelu, jossa tarkasteltiin lämmöneristeen lisäämisen erilaiset vaihtoehdot ja niiden kustannukset sekä hyödyt. Tuossa keskustelussa oli mukana erilaisten vaihtoehtojen lämpötila- ja kosteuslaskelmia (liite 2). Liitteessä 2 on vain yhden seinän osalta koko laskelma, muista vain kuvakaappaus osasta laskelmaa. Tässä keskustelussa talon omistajat päätyivät rakenteiden tiivistämiseen ja halusivat tehdä sen itse. Tältä pohjalta tehtiin korjaustyösuunnitelma (liite 6), kustannusarvio (liite 3) ja pitkän tähtäimen suunnitelma (liite 4), johon sisällytettiin rakenteiden tiivistäminen.

7 LOPUKSI

Tämä ei ole kaiken kattava opinnäyte kestävästä kehityksestä korjausrakentamisessa – enneminkin aiheen laajuudesta sen tarkoituksen mukaisesta rajaamisesta johtuen rajattu tarkastelu. Tätä asiaa tutkiessani ja lukiessani useita kirjallisia lähteitä, minulta jäi noin kolmasosa kerätystä materiaalista hyödyntämättä tässä opinnäytteessä. Näitä on muun muassa ilmanvaihdon merkitys osana lämmitysjärjestelmää, muiden rakennusmateriaalien ekologisuus, ekotalon tutkiminen osana kestävästä kehitystä, sairas rakennus -oireyhtymän läpikäyminen osana kestävästä kehitystä ja miten eroaisi esimerkiksi hirsitalon eristeen lisääminen verrattuna nyt käytettyyn esimerkkitaloon

Suunnitelmaa laatiessani asetin seuraavat tavoitteet:

Ensimmäinen tavoite oli tutkia kirjallisuudesta kestävästä kehitystä sekä korjausrakentamisesta että eristeiden lisäämisestä.

Toinen tavoite oli käydä läpi eristeiden lisäämisen eri vaihtoehtoja, niiden kustannuksia ja vaikutuksia esimerkkitalon avulla.

1. tavoitteen suurin ongelma oli rajata aluetta, sillä löysin tätä tehdessäni jatkuvasti uusia asioita, joita halusin käsitellä tässä opinnäytetyössä. Haastavaksi tämän tavoitteen osalta oli se, että kirjallisen materiaalin etsiminen oli työlästä. Kestävästä kehitystä on käsitelty laajasti uudisrakentamisessa verrattuna korjausrakentamisen käsittelyyn. Jouduinkin lukemaan kirjallisuutta myös uudisrakentamisen osalta ja kehittämään käsitellyistä asioista synteesejä korjausrakentamisen näkökulmasta. Yksi osa työni luotettavuudesta tulee siitä, miten hyvin olen onnistunut työstämään ja kehittämään näitä ajatuksia ja toinen osa luotettavuudesta tulee siitä, miten olen onnistunut löytämään materiaalia kestävästä kehitystä ja korjausrakentamista käsittelevistä kirjallisuudesta. Olen pyrkinyt perustelemaan ajatukseni kirjallisuuden teeseihin nojaten.

Ratkaisuna ongelmiin ja haasteisiin olisi jatkossa rajata ja keskittyä tiettyyn kestävästä kehityksen kestävyyteen, kuten ekologinen kestävyys, ja tuoda sitä esille rajatun rakennusalan, osan tai -tarvikkeen kohdalta. Kirjallisuuden tutkiminen on suuritöistä, ja siitä tehtyjen löydöksiä tai johtopäätöksiä tasapuolisesti esille tuominen vaatii objektiivisuutta. Lisäksi laajan aineiston läpikäymisen prosessointi voi sekoittaa omat ja luetut ajatukset niin, että asiat sopeutuvat luonnolliseksi osaksi omaa ajattelua, eikä huomaa kirjoittavansa lukemi-

aan ajatuksia ominaan. Kenties yksi vaihtoehto kirjallisen tutkimisen tavaksi voisi olla jonkin asian täysin yksipuolinen käsittely ja lopputulosten läpikäymistä toisen näkökulman kautta. Tällainen voisi toimia pareittain tehtävässä opin-
näytetyössä.

2. tavoitteen kohdalla onnistuin mielestäni saavuttamisessa hyvin. Eristeen lisäämisen kohdalla haastavaksi työn teki se, että tätä ja yleensä lämmöneristeitä on monissa opinnäytetöissä tutkittu. Rajasin työssäni tutkittavat lämmöneristeet viiteen vaihtoehtoon; lasi-, kivi- ja puukuituvillaan sekä polystyreeniin ja polyuretaaniin. Kävin läpi nämä vain pääpiirteisesti ja keskityin niiden tutkimiseen kestävän kehityksen näkökulmasta. Haastavinta oli näiden läpikäynti tasapuolisesti ja käytettävissä olleen DOF-Lämpö ohjelman rajallisuus eristeiden lisäämisen tutkimisessa. Eristeiden lisäämisessä päädyin mielestäni parhaaseen ratkaisuun, eli en lisännyt eristettä ollenkaan esimerkkitaloon vaan päädyin tiivistämiseen. Tiivistäminen on mielestäni vanhan talon paras lisäeristäminen ja toiseksi paras on saada omistajat ymmärtämään vanhan talon ominaisuudet kestävän kehityksen näkökulmasta.

Ratkaisu tämän tavoitteen haasteisiin ja ongelmiin olisi mielestäni mahdollisuus tutkia joko monipuolisemman ohjelmiston avulla tai jopa tehdä käytännön kokeita eristeiden ja niiden lisäämisen osalta. Tällaisia käytännön kokeita voisi olla lämmöneristeiden palamistesti ja siihen liittyen palokaasujen analysointi ja lämmöneristeiden kostumis- ja kuivumiskoe.

Jatkotutkimuksena oman opinnäytetyöni puitteissa olisi tutkimukseni aikana esitetty idea siitä, miten lisäeristäminen vaikuttaa sisäilman hiidioksidipitoisuuksiin. Tämä olisi mielestäni tutkimisen arvoista varsinkin niissä pientaloissa, joissa ilmanvaihto hoidetaan joko painovoimaisesti tai poistoilmanvaihtokoneella.

Toinen jatkokehitysajatus olisi tutkia sisäpuolisen eristeiden lisäämistä rakennusfysiikan mukaan, erityisesti väliseinien, ylä- ja alapohjan liitosten ja nurkkien osalta. Samoin voisi tutkia ulkopuolisen eristeiden lisäämisen tarpeellisuutta joko sokkelin yläpinnasta alkaen tai jopa sokkelin ja maanpinnan reunan yläpuolelta.

Kolmas jatkokehitysajatus on käytännössä työssä näkyvän koulutusvaatimusten ero suhteessa kestävän kehityksen kestävyyskseen. Onko suunnittelijoiden

ja valvojen koulutuksessa vaikkapa kirvesmiehen koulutukseen ero, joka näkyy suhteessa kestävän kehityksen kestävyysiin? Jos on, miten tätä eroa voi saada kiinni?

Neljäs jatkoehdotus tulee siitä, miten kestävä kehitys tulisi näkymään korjausrakentamisessa niin, että työn laatu näkyisi myös rakenteiden sisäpuolella eikä sisäpintojen saamisena tyylikkääksi. Miten kestävän kehityksen, ammattitaidon ja -taitojen sekä rahan vaikutuksen voisi saada tasapainoon?

Viides jatkoehdotus liittyy puumateriaalia liimaamalla (esim. clt, vaneri, tms.) tehtyjen rakennusmateriaalien kosteuskapasiteettiin ja käyttäytymiseen osana hengittävää rakennetta.

Tätä opinnäytettä työstäessäni opin mielestäni paljon nimenomaan lämmöneristeistä ja niiden lisäämisestä – erityisesti eristeiden lisäämisen takaisinmaksuajan laskeminen sai minut miettimään lisäeristämistä uudella tavalla. Kestävän kehityksen prosessointi korjausrakentamisessa toi hieman vähemmän uutta tietoa itselleni. Yhden asian voisin nostaa esille, ja se liittyy pientalojen energian kulutukseen suhteessa kokonaisenergian käyttöön ja siihen, miten isona asiana pientalojen energiankäyttöä pidetään suhteessa muuhun energiankäyttöön.

Lopuksi koko opinnäyteprosessin aikana jäin itse miettimään monta kertaa materiaalia läpi käydessäni seuraavia ajatuksia, jotka ovat myös osa johtopäätöksiäni opinnäytetyön puitteissa. Jätän varsinaisesti vastaamatta näihin, sillä toivon näiden kysymysmuotoon puettujen asioiden aiheuttavan jokaisessa tämän opinnäytetyön lukijassa oman prosessin.

- Mitä tapahtuisi, jos esimerkkinä olevaa taloa korjattaisiin kestävän kehityksen mukaisesti?

- Millaista korjausrakentaminen olisi, jos suomalaisia pientaloja korjattaisiin noudattamalla Kailan (1997) esille tuomaa neljää askelta? Tuossa neljän askeleen hyvin hallitussa ja usein hyvinkin pienmuotoisessa korjausrakentamisessa noudatettaisiin Oijalalta (1999, 22–23) mukailtuja kuutta näkökulmaa, joista nostaisin painopisteeksi ekologiset rakennustuotteet.

Mielestäni korjausrakentamisessa keskitytään rakennusmääräysten noudattamiseen, mutta ei ajatella niinkään korjausrakentamisesta kestävän kehityksen valossa. Nämä eivät mitenkään sulje pois toisiansa. Kestävän kehityksen

mukaisesti korjatussa talossa kenenkään ei tarvitse tai kannata asua sairaassa rakennuksessa, jonka ongelmat johtuvat ei-laadukkaista materiaalivalinnoista, tehdystä työstä, työn valvonnasta tai suunnittelusta. Kestävän kehityksen puitteissa kenenkään ei kannata elää vetoisassa talossa, vaan energiakustannukset olisi saatava kuriin joko tiivistämällä tai sitten korjaamalla kenties puutteellisesti asennettuja lämmöneristeitä. Näitä voi tehdä rakennusmääräyksiä noudattamalla.

Voisiko näillä ajatuksilla saada aikaan asukkaille laadukkaasti korjattuja asuntoja, joissa voi elää terveellisesti ja asuntojen elinkaari olisi pitkä, ylettyen jopa seuraaville sukupolville – ja kenties työn tehneet voisivat kokea ammattiylpeyttä tehdystä työstä?

LÄHTEET

Cads House. Saatavissa: <http://www.cads.fi/fi> [viitattu 24.2.2016].

Frame 2015. Saatavissa: www.tut.fi/fi/tietoa-yliopistos-ta/laitokset/rakennustekniikka/tutkimus/rakennetekniikka/rakennusfysiikka/index.htm [viitattu 26.1.2016].

DOF-Lämpö 2016. Saatavissa: <http://www.doftech.fi/www/index.php?lang=fin&page=proglampo> [viitattu 21.1.2016].

Hammond, G. & Jones, G. 2008. Inventory of carbon & energy (ICE) version 1.6a. Bath: University of Bath. Saatavissa http://www.ecocem.ie/downloads/Inventory_of_Carbon_and_Energy.pdf [viitattu 17.1.2016].

Heino, E. & Sundholm, P. 1995. Ekotalon rakennusaineet. Helsinki: Rakennusalan kustantajat RAK.

Hemgren, P. & Wannfors, H. 2012. Uusi pientalon käsikirja. Helsinki: Tammi.

Häkkinen, T. & Kaipiainen, M. 1996. Ekologiset kriteerit rakennussuunnittelussa. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Häkkinen, T., Vares, S., Vesikari, E., Tattari, K. & Säteri, J. 1997. Rakennusmateriaalien ja -tuotteiden ympäristövaikutukset ja niiden arviointiperusteet. Espoo: VTT.

Jätelaki 646/2011. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646> [viitattu 20.2.2016].

Kaila, P. 1997. Talotohtori. 16. painos Porvoo: WS Bookwell Oy.

Kauppinen, J. 2012a. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. Tekninen perustelumuistio 4.6.2012. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/5894/Perustelumuistio_asetusluonnoksen_lausun_tokierrosta_varten._4.6.2012.pdf [viitattu 21.1.2016].

Kauppinen, J. 2012b. Energian kulutus rakennustyypeittäin 2012. Tiedot saatavissa: http://www.motiva.fi/files/5894/Perustelumuistio_asetusluonnoksen_lausun_tokierrosta_varten._4.6.2012.pdf [viitattu 21.1.2016].

Kojo, R. & Lilja, R. 2011a. Talonrakentamisen materiaalitehokkuuden edistäminen. Ympäristöministeriön raportti 21/2011. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: www.ym.fi/download/noname/%7BF23DDA2A-1E58-4771-ACA8-90D06AB4FBE6%7D/32103 [viitattu 17.1.2016].

Kojo, R. & Lilja, R. 2011a. Talonrakentamisen materiaalitehokkuuden edistäminen. Ympäristöministeriön raportti 21/2011. Helsinki: Ympäristöministeriö. Ulkoasulta muokatun kuvan alkuperäinen kuva saatavissa: www.ym.fi/download/noname/%7BF23DDA2A-1E58-4771-ACA8-90D06AB4FBE6%7D/32103 [viitattu 17.1.2016].

Konto 2012. KONTTO OPTIMA - nykyaikainen lämmöneriste pintaturpeesta ja puukuiduista. Saatavissa <http://www.konto.fi/fi/> 1 [viitattu 13.2.2016].

KOR 2015. Korjausrakentamisen kustannuksia. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kotitalouksien sähkönkäyttö 2013. Sähkölämmitteisen pientalojen sähkökulutuksen jakautuminen 2011. Alkuperäinen kuva on saatavissa: www.motiva.fi/files/8300/Kotitalouksien_sahkonkaytto_2011_Tutkimusraportti.pdf [viitattu 21.1.2016].

Kuusela, A. 2013 Kunnallinen kiinteistöstrategia, opinnäytetyö. Saatavissa http://theseus.fi/bitstream/handle/10024/55014/Kuusela_Anu.pdf?sequence=1 [viitattu 12.1.2016].

KSS energia. Laskenta tehtävissä: <https://kssenergia.fi/tuote?pid=940> [viitattu 14.2.2016].

Lahtinen, K.M. 2014. Viri ja valkee. Vanhan rakennuksen lämpö- ja energiatalous. Hämeenkyrö: Lunette rakennusperinnepalvelut.

Nielsen, A. 2015. Energy efficient houses in Denmark and moisture condition on highly insulated constructions – rules, practice and education. Teoksessa Rakennusfysiikka 2015, toim. Vinha, J. & Ruuska, T. 21-36. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan laitos, rakennetekniikka.

Oijala, M. 1999a. Rakennusaineet. Helsinki: Rakennusalan kustantajat RAK, Kustannus Sarmala Oy.

Oijala, M. 1999b, 25. Kuvan ulkoasua on parannettu [viitattu 8.12.2015]. Alkuperäinen kuva: Rakennusaineet. Helsinki: Rakennusalan kustantajat RAK, Kustannus Sarmala Oy.

Op 2016. Osuuspankin kulutusluottolaskuri. Saatavissa www.op.fi [viitattu 14.2.2016].

Perälä, A-L. & Kontuniemi, P. 1990. Talonrakennusten energiasisällön muutokset. Tampere: VTT, Rakennustuotantolaboratorio.

Pieni ja paras tietosanakirja a–ö. 1998. Helsinki: Gummerus Kustannus Oy.

Puuinfo 2013. Pientalon energiasaneeraus, korjaustarpeen arviointi. Kuva saatavissa: www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/tee-se-itse/ohjeet/pientalon-energasaneeraus/pientalon-energasaneeraus/pientalonenergasaneeraus-korjaustarpeenarviointi.pdf [viitattu 4.2.2016].

Rakennusperintö. Kulttuuriympäristön ja korjausrakentamisen käsitteitä. Saatavissa: http://www.rakennusperinto.fi/kulttuuriymparisto/kasitteisto/fi_FI/Kasitteisto/ [viitattu 24.2.2016].

Rakennustietosäätiö RTS 2016, saatavissa: <http://m1.rts.fi/> [viitattu 10.1.2016].

RIL 216-2013 2013. Rakenteiden ja rakennusten elinkaaren hallinta. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto Ry.

RIL. Saatavissa <http://www.ril.fi/fi/etusivu.html> [viitattu 19.2.2016].

Roti-ryhmä 2013. Rakennetun omaisuuden tila 2013. Roti-ryhmän raportti, saatavissa www.roti.fi/document.php?DOC_ID=403&SEC=52ecbdc426b83d3c35093a8f27c1cae5 [viitattu 6.1.2016].

Roaf, S., Fuentes M. & Thomas S. 2007. Ecohouse: a design guide. 3rd edition Oxford: Esevier.

RT 18-10742. 2001. Rakennustuotteen ylläpito-ohjeen laatiminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 18-11131. 2013. Asuinkiinteistön kuntoarvio. Kuntoarvioijan ohje. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 36-11090. 2012. Mineraalivillaeristeet. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 38504. 2014. Ekovilla-lämmöneristeet. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 36-11102. 2012 XPS-eristeet. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 38549. 2014 Ruiskutettava polyuretaanieriste Purfin Oy. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT-11113. 2013 EPS-eristeet. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 38175. 2012 ThermiSol tuotteet. ThermiSol Oy. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 83-11161. 2014. Yläpohjan lisälämmöneristäminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RYL – rakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/ryl.html> [viitattu 20.1.2016].

Rönkä, K., Rauhala, K., Harmaajärvi, I. & Lahti, P. 1994. Ekologinen lähiöuudistus, kestävän kehityksen mukainen korjaus- ja lisärakentaminen suomalaisilla asuntoalueilla. Yhdyskuntasuunnittelun- ja rakennustutkimuksen neuvottelukunnan julkaisu 4/1994. Helsinki: Yhdyskuntasuunnittelun- ja rakennustutkimuksen neuvottelukunta.

SFS-EN ISO 6946 2008. Rakenne- ja rakennusosat. Lämmönvastus ja lämmönläpäisykerroin. Laskentamenetelmä. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Sosiaali- ja terveysministeriö 2005. Asetus 5009/2005 vaarallisten aineiden luettelosta, liite. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/sdliite/liite/5084.pdf> [viitattu 29.1.2016].

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto 2015. Suomen Rakennusinsinöörien Liiton julkaisut. Saatavissa: <http://www.ril.fi/media/files/julkaisut/julkaisunumerot-normit-ohjeet-kasikirjat-netti.pdf> [viitattu 8.2.2016].

Synergia 2010. Synergia - Laskuri päärakenteiden hiilijalanjäljen laskentaan 2010. Saatavissa:

<http://www.syke.fi/download/noname/%7B440437A5-6A36-48FE-8B15-E3D3A84120C7%7D/78374> [viitattu 17.1.2016].

Taloon. Suomalainen rautakauppa netissä. Saatavissa:

<http://www.taloon.com> [viitattu 28.12.2015].

Tiiveyskorjaus 2013. Oulun kaupungin rakennusvalvonnan tekninen kortti 9 Tiiveyskorjaus. Saatavissa: http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/Pientalo_9_Tiiveyskorjaus_2013_02_01.pdf [viitattu 5.2.2016].

Tilastokeskus 2014a. Rakennusten jakautuminen vuonna 2014 kerrosalan mukaan Tilastokeskus 31.12.2014. Koko tilastotiedot saatavissa:

http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__asu__rakke/010_rakke_tau_101.px/?rxid=9b6e164f-0bc6-4e44-bd18-766f0b070877 [viitattu: 12.12.2015].

Tilastokeskus 2014b. Erillisten pientalojen lukumäärä rakennusvuoden mukaan Tilastokeskus 31.12.2014. Koko tilastotiedot saatavissa:

http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__asu__rakke/010_rakke_tau_101.px/?rxid=9b6e164f-0bc6-4e44-bd18-766f0b070877 [viitattu: 12.12.2015].

Tilastokeskus 2014c. Talonrakennusalan yritysten urakat toimialoittain vuonna 2014 (Tilastokeskus). Suomen virallinen tilasto (SVT): Korjausrakentaminen [verkkojulkaisu]. ISSN=1799-2958. Rakennusyritysten korjaukset 2014, Liitetaulukko 1. Talonrakennusalan yritysten urakat toimialoittain, milj. euroa . Helsinki: Tilastokeskus. Koko tilastotiedot saatavissa: http://www.stat.fi/til/kora/2014/01/kora_2014_01_2015-11-05_tau_001_fi.html [viitattu: 12.2.2016].

Tilastokeskus 2014d. Talonrakennusalan yritysten korjausrakentamisen urakat toimialan mukaan vuonna 2014. Suomen virallinen tilasto (SVT): Korjausrakentaminen [verkkojulkaisu]. ISSN=1799-2958. Rakennusyritysten korjaukset 2014, Liitetaulukko 2. Talonrakennusalan yritysten korjausrakentamisen urakat toimialoittain kohteen mukaan, milj. euroa . Helsinki: Tilastokeskus. Koko tilasto saatavissa:

http://www.stat.fi/til/kora/2014/01/kora_2014_01_2015-11-05_tau_002_fi.html [viitattu: 12.12.2015].

Tilastokeskus 2015a. Energian loppukäyttö sektoreittain. Saatavissa:

http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ene__ehk/080_ehk_tau_118.px/table/tableViewLayout1/?rxid=b7214aaf-962c-4002-a3ba-c9b28737a5bf [viitattu 21.1.2016].

Tilastokeskus 2015b. Asumisen energiankulutus edellisvuoden tasolla vuonna 2014. Saatavissa:

http://www.stat.fi/til/asen/2014/asen_2014_2015-11-20_tie_001_fi.html [viitattu 21.1.2016].

Tilastokeskus 2015c. Työlliset toimialan mukaan vuotena 2015, 15-74-vuotiaat. Kaikki Suomen virallinen tilasto (SVT): Työvoimatutkimus [verkkojulkaisu].

ISSN=1798-7830. joulukuu 2015, Liitetaulukko 48. Työlliset toimialoittain

(TOL 2008) vuosina 2013 - 2015, 15-74-vuotiaat . Helsinki: Tilastokeskus
Alkuperäiset ja kaikki tiedot saatavissa:
http://www.stat.fi/til/tyti/2015/12/tyti_2015_12_2016-01-27_tau_048_fi.html
(tilastokeskus) [viitattu: 12.2.2016].

Tilastokeskus 2015d. Energian loppukäyttö Suomessa 2014. Kuvakaappaus energian loppukäyttö sektoreittain 2014 sivusta. Saatavissa:
http://www.stat.fi/til/ehk/2014/04/ehk_2014_04_2015-03-23_kuv_014_fi.html [viitattu 14.12.2015].

Tilastokeskus 2015e. Rakennuskanta 2014. Saatavissa:
http://www.stat.fi/til/rakke/2014/rakke_2014_2015-05-28_kat_002_fi.html
[viitattu 20.12.2016].

Tilastokeskus a. Rakennus. Saatavissa:
<http://www.stat.fi/meta/kas/rakennus.html> [viitattu 21.1.2016].

Tilastokeskus b. Asuinrakennus. Saatavissa:
<http://www.stat.fi/meta/kas/asuinrakennus.html> [viitattu 21.1.2016].

Työtehoseura 2010. Saatavissa:
http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset_aineet/eristeaineet/eristevillat/sivut/default.aspx [viitattu 30.1.2016].

Työterveyslaitos 2015. Saatavissa:
http://www.ttl.fi/fi/tyoturvaluksuus_ja_riskien_hallinta/henkilonsuojaimet/suojainratkaisuja/uretaani/sivut/default.aspx [viitattu 29.1.2016].

Uusiouutiset 2014. Uusiouutiset 10.4.2014. Saatavissa:
<http://www.uusiouutiset.fi/kipsilevyn-ja-kattohuovan-kierratysidea-etenipilotiksi/> [viitattu 10.1.2016].

Valtioneuvosto 2006. Kohti kestäviä valintoja. Kansallisesti ja globaalisti kestävä Suomi 2006. Kansallinen kestävä kehityksen strategia. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 5/2006, saatavissa
www.ym.fi/download/noname/%7B3EECF3AB-6A1D-4641-AEA3-6901F3E18D72%7D/52526 [viitattu 28.12.2015].

Valtioneuvosto 2012. 179/19.4.2012 Valtioneuvoston asetus jätteistä. Luetavissa sähköisesti
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2012/20120179#L1P1> [viitattu 19.1.2016].

Vartiainen 2014. Energiatodistuksen laadinta ja sähkölämmitysjärjestelmän energiatehokkuuden parantaminen. Opinnäytetyö. Saatavissa:
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/79428/Eemeli%20Vartiainen%201001062%20Lopullinen%20oppari.pdf?sequence=1> [viitattu 21.2.2016].

Viitamäki, K. & Pirinen, J. 2012. Kosteus- ja homealkoot 2010-2014 tilannekatsaus. Teoksessa Sisäilmastoseminaari 2012, Sisäilmayhdistys raportti 30, toim. Säteri, J. & Backman, H. 11-16. Espoo: SIY Sisäilmatieto Oy.

Vinha, J., Laukkanen, A., Mäkitalo, M., Nurmi, S., Huttunen, P., Pakkanen, T., Kero, P., Manelius, E., Lahdensivu, J., Köliö, A., Lähdesmäki, K., Piironen, J., Kuhno, V., Pirinen, M., Aaltonen, A., Suonketo, J., Jokisalo,

J., Teriö, O., Koskenvesa, A. & Palolahti, T. 2013. Ilmastomuutoksen ja lämmöneristykseen lisäyksen vaikutukset vaipparakenteiden kosteustekniikassa toiminnassa ja rakennusten energiankulutuksessa. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Rakennetekniikka. Tutkimusraportti 159. Saatavissa:

http://tutcris.tut.fi/portal/files/956015/vinha_ilmastonmuutoksen_ja_lammoneristykseen_lisayksen_vaikutukset.pdf [viitattu 27.1.].

Ympäristöhallinto 2013. Kiinteistön ylläpito ja korjaaminen 1.9.2014. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Kiinteiston_yllapito_ja_korjaaminen [viitattu 22.1.2013].

Ympäristöministeriö 2013a. Asetus rakennuksen energiatodistuksesta, liite 1. Saatavissa: www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf [viitattu 23.1.2016].

Ympäristöministeriö 2013b. Asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. Asetus 4/13. Saatavissa: www.ym.fi/download/noname/%7B924394EF-BED0-42F2-9AD2-5BE3036A6EAD%7D/31396 [viitattu 17.1.2016].

Ympäristöministeriö 2013c. Ympäristöministeriön Rakennetun ympäristön osasto. Remonttiryhmän asettamispäätös 15.8.2013 YM024:00/2013. Saatavissa www.ym.fi/download/noname/%7BC61B7141-3B24-4F8F-BCEE-A7E11DFCBAABD%7D/59490 liite 1/1 [viitattu 6.1.2016].

Ympäristöministeriö 2013d. Energiatodistuksen kokonaisenergiankulutuksen (e-luvun) määrittäminen. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/sdliite/liite/6186.pdf> [viitattu 20.1.2016].

Ympäristöministeriö 2015a. Kosteus- ja homealkoot. Saatavissa http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Ohjelmat_ja_strategiat/Paattyneet_hankkeet/Kosteus_ja_hometalkoot%2812650%29 [viitattu 8.1.2016].

Ympäristöministeriö 2015b. Mitä on kestävä kehitys? Saatavissa http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Kestava_kehitys/Mita_on_kestava_kehitys [viitattu 9.12.2015].

Ympäristöministeriö 2015c. Rakennustuotteita koskeva lainsäädäntö. Saatavissa: http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakennustuotteita_koskeva_lainsaadanto [viitattu 9.1.2016].

Ympäristöministeriö 2015d. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Saatavissa: http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismääräyskokoelma [viitattu 9.1.2016].

Lämmöneristeiden lisäämisen lämpötila- ja kosteuslaskelmat

Alkuperäiset, eristetyt rakenteet

US1

US2

US3

YP

Alkuperäisen eristeen jättäminen paikoilleen, ulkopuolinen lisäeristäminen

US1 100mm+50mm puukuitueristelevy + 25mm puukuituinen tuulensuojalevy

US1 125mm mineraalivillaa + 25mm puukuituinen tuulensuojalevy

US1 160mm puukuitupuhallusvillaa + 25mm puukuituinen tuulensuojalevy

US2 150mm mineraalivillaa + 25mm puukuituinen tuulensuojalevy

US3 kts. edellinen kuva

YP 375mm puukuitupuhallusvillaa

Alkuperäisen eristeen vaihtaminen

US1 175mm puukuitueristettä + 2x25mm puukuituinen tuulensuojalevy

US1 148mm mineraalivillaa + 30mm mineraalivillainen tuulensuojalevy

US1 100 polyuretaanilevy + 40mm polyuretaanilevy

US1 100mm polyuretaanilevy + 50mm mineraalivillainen tuulensuojalevy

US2 200mm mineraalivillaa + 2x25mm puukuituinen tuulensuojalevy

US3 US2 200mm mineraalivillaa + 25mm puukuituinen tuulensuojalevy

YP 375mm puukuitupuhallusvillaa kts. 4. sivu alin kuva

Sisäpuolinen lisäeristäminen

US1 120mm polyuretaanilevy

US2 70mm polyuretaanilevy

US3 70mm polyuretaanilevy kts. edellinen kuva

YP 375mm puukuitupuhallusvillaa kts. 4. sivu alin kuva

Lämmöneristeiden lisäämisen lämpötila- ja kosteuslaskelmat

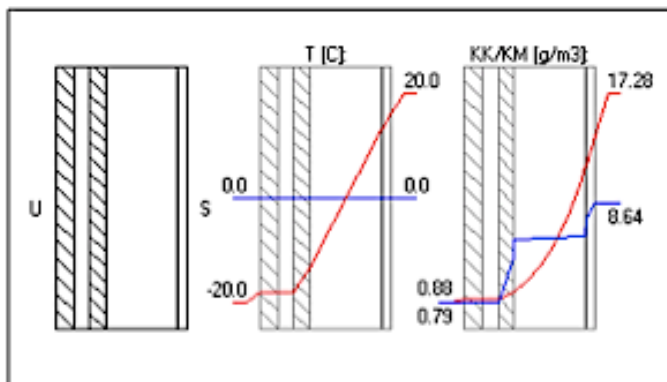
Alkuperäiset, eristetyt rakenteet

US1

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Suunnittelija:	Päiväys: 6.12.2015	Tunnus:

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.724 W/m ² K
Paksuus:	184.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	51.56 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	4790.329 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000209 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	1.381 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Ulkoverhoilu	25.00	---	---	0.00	480.00
2 Tuulettuva ilmarako	22.00	---	---	0.00	0.00
3 Puu (mänty)	22.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	480.00
4 Tervapaperi	1.00	0.1400	1.152000e-06	0.00	0.00
5 Sahanpuru	100.00	0.1100	6.600000e-04	0.00	160.00
6 Tervapaperi	1.00	0.1400	1.152000e-06	0.00	0.00
7 Puukuitulevy, kova	13.00	0.1300	1.850000e-05	0.00	1000.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-17.97	1.04	0.79	75.7	0.00
2	-17.97	1.04	0.79	75.7	0.00
3	-17.97	1.04	0.79	75.7	0.00
4	-13.42	1.61	4.40	100.0	0.00
5	-13.21	1.64	5.82	100.0	0.00
6	13.13	11.48	6.07	52.9	0.00
7	13.34	11.63	7.49	64.4	0.00
8	16.23	13.85	8.64	62.4	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

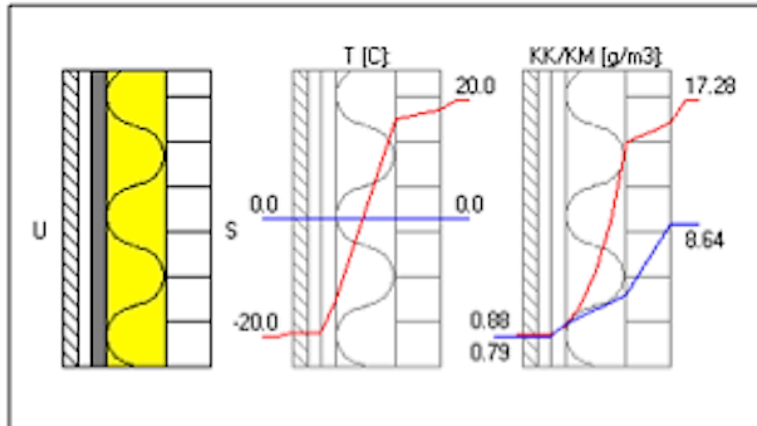
Lisätiedot:

US2

Rakenteen päätiedot:

U-arvo: 0.311 W/m²K
 Paksuus: 247.000 mm
 Pinta-ala: 1.00 m²
 Paino: 132.00 kg
 Hinta: 0.00 euro

Vesihöyryn vastus: 1068.868 m²hPa/g
 Vesih. läpäisykerroin: 0.000936 g/m²hPa
 Lämmönvastus: 3.219 m²K/W
 Pintavastus, ulko: 0.070 m²K/W
 Pintavastus, sisä: 0.130 m²K/W
 Kulma (0-90): 90.000

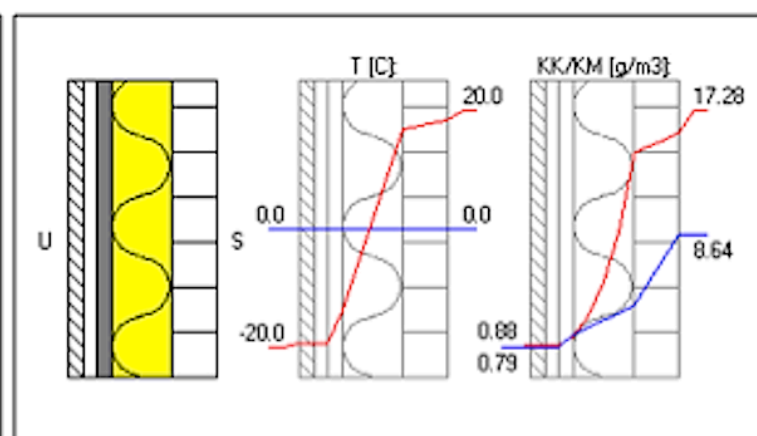


US3

Rakenteen päätiedot:

U-arvo: 0.311 W/m²K
 Paksuus: 247.000 mm
 Pinta-ala: 1.00 m²
 Paino: 132.00 kg
 Hinta: 0.00 euro

Vesihöyryn vastus: 1068.868 m²hPa/g
 Vesih. läpäisykerroin: 0.000936 g/m²hPa
 Lämmönvastus: 3.219 m²K/W
 Pintavastus, ulko: 0.070 m²K/W
 Pintavastus, sisä: 0.130 m²K/W
 Kulma (0-90): 90.000

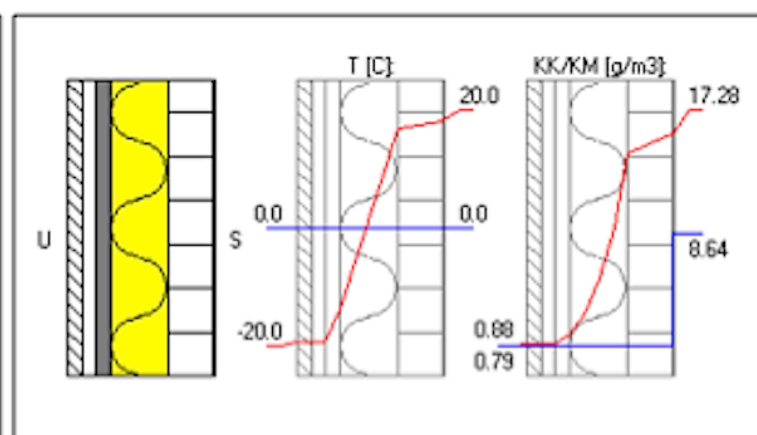


YP

Rakenteen päätiedot:

U-arvo: 0.310 W/m²K
 Paksuus: 252.000 mm
 Pinta-ala: 1.00 m²
 Paino: 138.30 kg
 Hinta: 0.00 euro

Vesihöyryn vastus: 1299797.049
 Vesih. läpäisykerroin: 0.000001 g/m²hPa
 Lämmönvastus: 3.229 m²K/W
 Pintavastus, ulko: 0.070 m²K/W
 Pintavastus, sisä: 0.130 m²K/W
 Kulma (0-90): 90.000



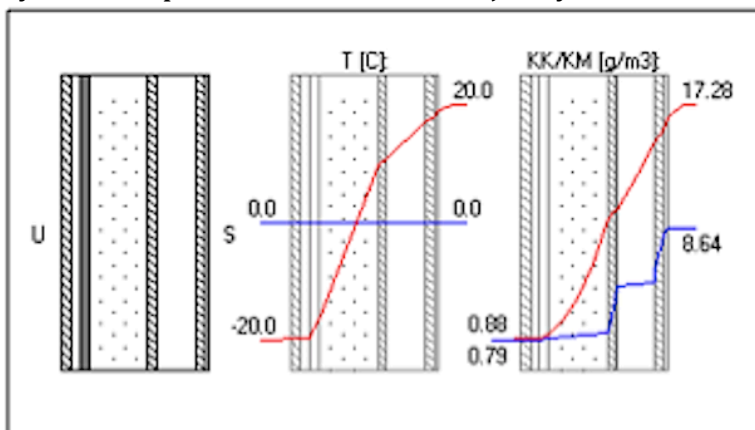
Alkuperäisen eristeen jättäminen paikoilleen, ulkopuolinen lisäeristäminen

US1 100mm+50mm puukuitueristelevy + 25mm puukuituinen tuulensuojalevy

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.171 W/m ² K
Paksuus:	378.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	68.87 kg
Hinta:	0.00 euro

Vesihöyryn vastus:	7299.819 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000137 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	5.863 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000

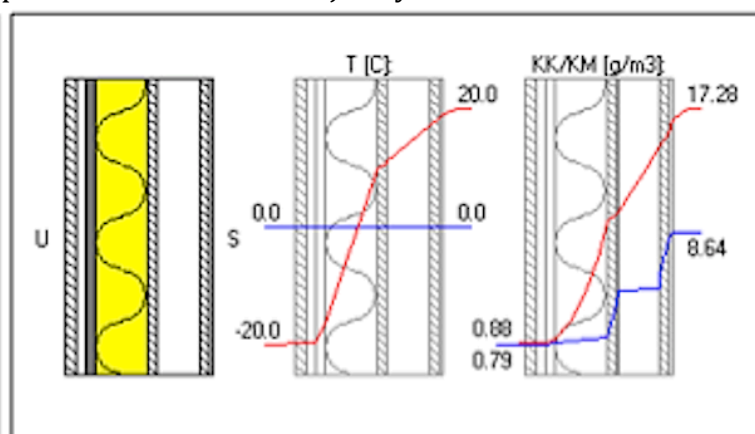


US1 125mm mineraalivillaa + 25mm puukuituinen tuulensuojalevy

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.169 W/m ² K
Paksuus:	353.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	63.62 kg
Hinta:	0.00 euro

Vesihöyryn vastus:	7233.681 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000138 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	5.923 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000

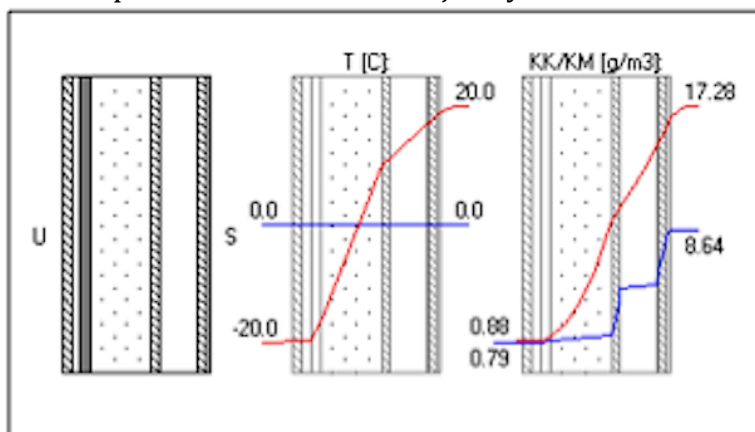


US1 160mm puukuitupuhallusvillaa + 25mm puukuituinen tuulensuojalevy

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.166 W/m ² K
Paksuus:	388.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	69.22 kg
Hinta:	0.00 euro

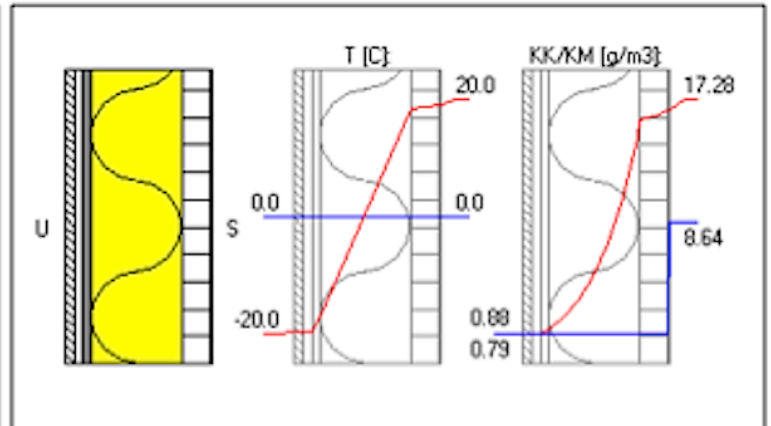
Vesihöyryn vastus:	7326.274 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000136 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	6.017 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



US2 150mm mineraalivillaa + 25mm puukuituinen tuulensuojalevy

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.145 W/m ² K
Paksuus:	402.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	138.30 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1300193.874
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	6.888 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000

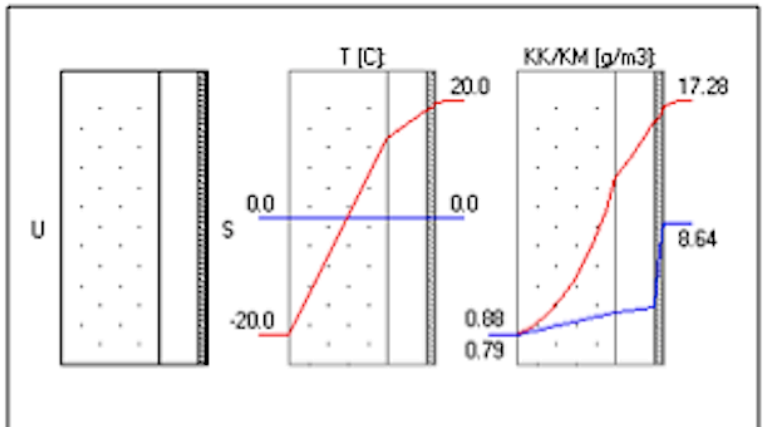


US3 kts. edellinen kuva

YP 375mm puukuitupuhallusvillaa

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.087 W/m ² K
Paksuus:	558.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	54.69 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	4770.484 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000210 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	11.468 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	0.000



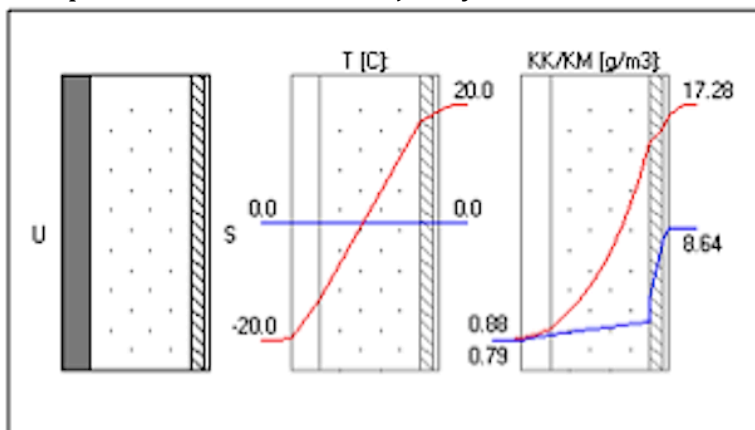
Alkuperäisen eristeen vaihtaminen

US1 175mm puukuitueristettä + 2x25mm puukuituinen tuulensuojalevy

Rakenteen päätiedot:

U-arvo: 0.168 W/m²K
Paksuus: 258.000 mm
Pinta-ala: 1.00 m²
Paino: 38.69 kg
Hinta: 0.00 euro

Vesihöyryn vastus: 4278.661 m²hPa/g
Vesih. läpäisykerroin: 0.000234 g/m²hPa
Lämmönvastus: 5.938 m²K/W
Pintavastus, ulko: 0.070 m²K/W
Pintavastus, sisä: 0.130 m²K/W
Kulma (0-90): 90.000

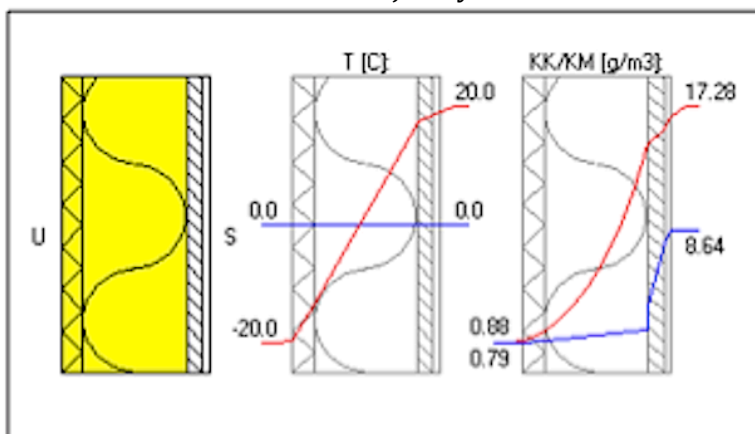


US1 148mm mineraalivillaa + 30mm mineraalivillainen tuulensuojalevy

Rakenteen päätiedot:

U-arvo: 0.164 W/m²K
Paksuus: 211.000 mm
Pinta-ala: 1.00 m²
Paino: 17.56 kg
Hinta: 0.00 euro

Vesihöyryn vastus: 4022.047 m²hPa/g
Vesih. läpäisykerroin: 0.000249 g/m²hPa
Lämmönvastus: 6.082 m²K/W
Pintavastus, ulko: 0.070 m²K/W
Pintavastus, sisä: 0.130 m²K/W
Kulma (0-90): 90.000

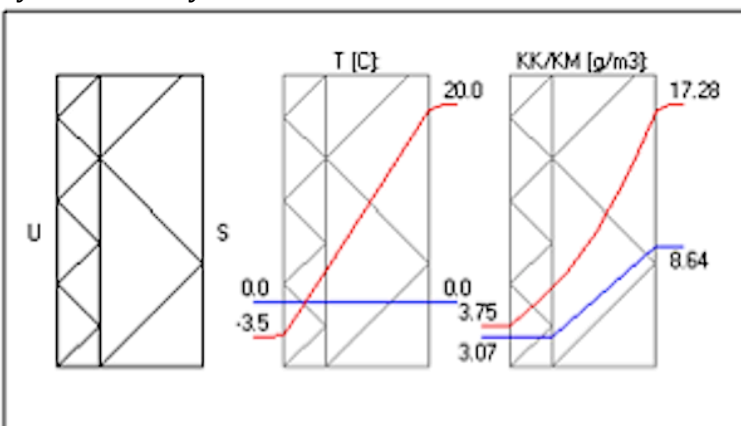


US1 100 polyuretaanilevy + 40mm polyuretaanilevy

Rakenteen päätiedot:

U-arvo: 0.159 W/m²K
Paksuus: 140.000 mm
Pinta-ala: 1.00 m²
Paino: 28.00 kg
Hinta: 0.00 euro

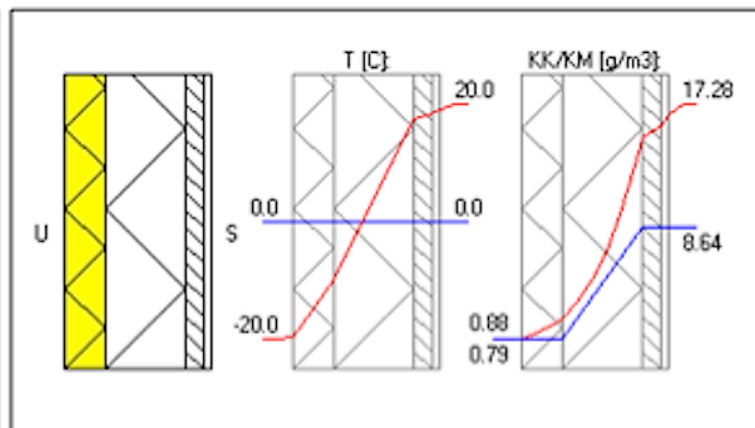
Vesihöyryn vastus: 1585401.138
Vesih. läpäisykerroin: 0.000001 g/m²hPa
Lämmönvastus: 6.287 m²K/W
Pintavastus, ulko: 0.070 m²K/W
Pintavastus, sisä: 0.130 m²K/W
Kulma (0-90): 90.000



US1 100mm polyuretaanilevy + 50mm mineraalivillainen tuulensuojalevy

Rakenteen pää tiedot:

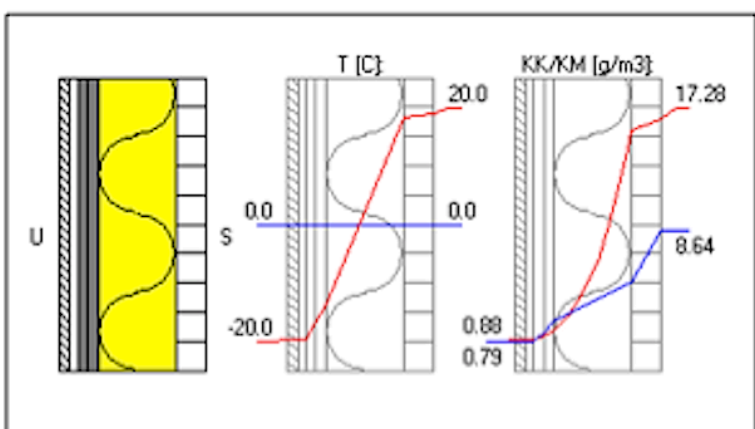
U-arvo:	0.155 W/m ² K
Paksuus:	183.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	30.56 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	923308.216
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	6.450 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



US2 200mm mineraalivillaa +2x25mm puukuituinen tuulensuojalevy

Rakenteen pää tiedot:

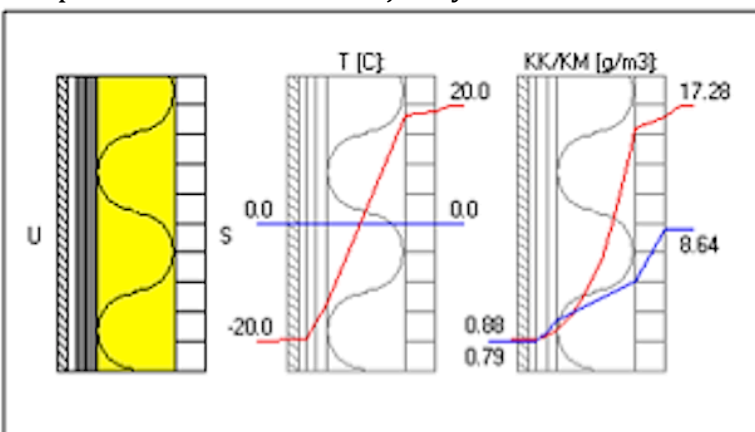
U-arvo:	0.164 W/m ² K
Paksuus:	372.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	139.50 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1465.694 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000682 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	6.112 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



US3 US2 200mm mineraalivillaa + 25mm puukuituinen tuulensuojalevy

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.164 W/m ² K
Paksuus:	372.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	139.50 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1465.694 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000682 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	6.112 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



YP 375mm puukuitupuhallusvillaa kts. 4. sivu alin kuva

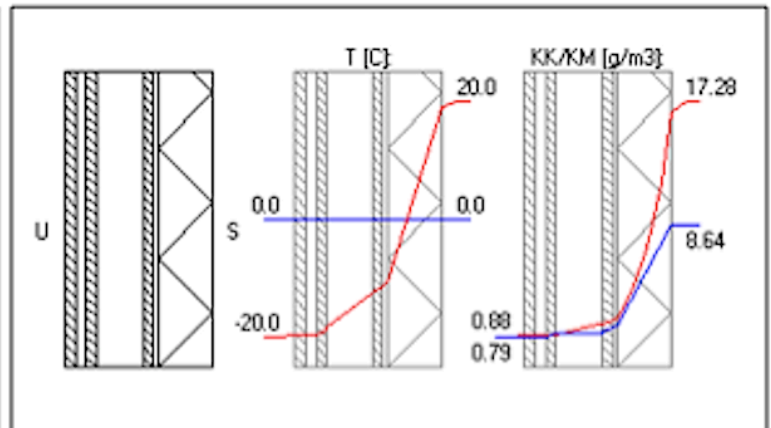
Sisäpuolinen lisäeristäminen

US1 120mm polyuretaanilevy

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.166 W/m ² K
Paksuus:	323.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	62.12 kg
Hinta:	0.00 euro

Vesihöyryn vastus:	69928.613 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000014 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	6.007 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000

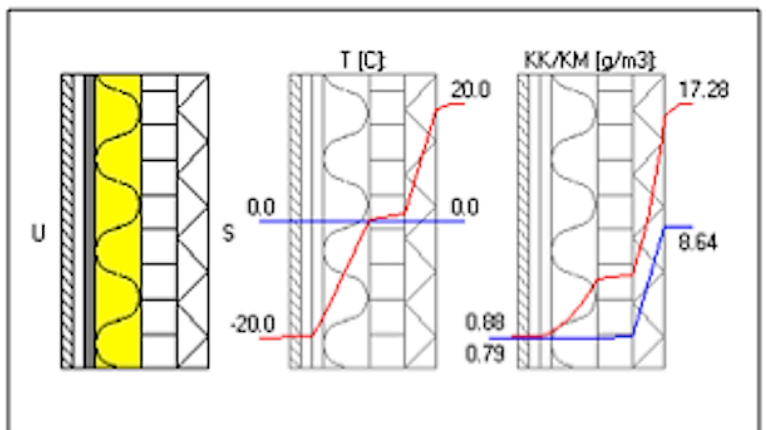


US2 70mm polyuretaanilevy

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.172 W/m ² K
Paksuus:	317.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	135.50 kg
Hinta:	0.00 euro

Vesihöyryn vastus:	37910.974 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000026 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	5.811 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



US3 70mm polyuretaanilevy kts. edellinen kuva

YP 375mm puukuitupuhallusvillaa kts. 4. sivu alin kuva

Kustannusarvio

Kohde:

xxxx

xxxx

xx

ULKOVERHOILUN KORJAUS JA SISÄPUOLINEN TIIVISTÄMINEN

Rakennustarvike	Yksikkö	Hinta/yksikkö	Menekki
Ulkoverhouspaneeli UTV 20x120	m	1,26	96
Pensselit	kpl	6	2
Lattialauta HLL 48x145	m	6,9	20
Öljymaali (sis sävytys)	ltr/m2	2,48	2
Ikkunapaperi 25m x 50mm	rll	6,5	4
YHTEENSÄ			

Hinnat taloon.com

Pitkän tähtäimen suunnitelma

KOHTIEN YLEISTIEDOT

XXXX

XXXX

XXXX

Tilaaja: xxxx
 xxxx
 xxx xxx xxxx

Suunnittelija: Kouvolan Kunto&tutkimus
 Sami Yrjösuuri, puh xxx xxx xxxx
 Kouvolankatu 1
 45100 Kouvola
 Puh xxx xxx xxxx

Yleistä tästä suunnitelmasta

Tämä pitkän tähtäimen suunnitelma on tehty x:n pyynnöstä esimerkkitaloon.

Suunnitelma pohjautuu Kouvolan Kunto&Tutkimuksen kuntotutkijoiden tekemiin kuntotutkimuksiin talossa.

Pitkän tähtäimen suunnitelmassa otetaan kantaa ainoastaan esiteltyihin toimenpiteisiin.

Korjaamislaajuuteen vaikuttaa asiakkaan päätökset.

Toimenpide	Kuntoluokka (kts. taulukko 1)
Salaojien varmistaminen/asentaminen	1
Maanpinta rakennuksen vieressä	2
Julkisivun huoltomaalaus	4
Julkisivun alempien lautojen vaihtaminen	1
Ikkunoiden ja ovien huolto	4
Ryömintätilan orgaanisten aineiden poistaminen	2
Alapohjan läpivientien tiivistäminen	1
Alapohjan tuulensuojalevyjen kunnostus	4
Wc:n maton uusiminen/vaihtaminen toiseen materiaaliin	1
Suihkutilojen vedeneristyksen uusiminen	2
Tiivistäminen erillisen suunnitelman mukaan	2
Käyttövesiputkiston uusiminen	1

Kokonaisuus	Tarkempi osa-alue	Toteutusvuosi ja kustannusarvio* ulkopuolisen tekemänä									
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Perustukset ja salaojat	Salaojat toiminnan varmistaminen/asennus ja patolevyn asentaminen (hinta sis. uudet salaojaputket)	10000									
	Ulkoseinän vierustat (sis. salaojiin)	x									
Julkisivu	Huoltomaalaus							8400			
	Alempien lautojen vaihtaminen	360									
	Ikkunoiden ja ovien huoltomaalaus									1800	
Ryömintätila	Orgaanisen aineksen poistaminen			3080							
	Läpivientien tarkastaminen			60							
	Tuulensuojalevyjen kunnostus			1013							
Sisäpinnat	Wc maton uusiminen										
	Märkätilojen veden eristyksen uusiminen		1800								
	Tiivistäminen tehdään itse										
Käyttövesiputkien uusiminen	Erillisen LVI suunnitelman mukaan, hinta määräytyy suunnitelman pohjalta	x									

* hinta-arvio perustuu KOR Korjausrakentamisen kustannuksia 2015. Helsinki: Rakennustieto Oy

Taulukko 1 Kuntoluokat*

Kuntoluokka	Kuvaus
5	uusi, ei toimenpiteitä seuraavan 10 vuoden aikana.
4	hyvä, kevyt huoltokorjaus 6...10 vuoden kuluessa
3	tydyttävä, kevyt huoltokorjaus 1...5 vuoden kuluessa tai peruskorjaus 6...10 vuoden kuluessa
2	välttävä, peruskorjaus 1...5 vuoden kuluessa tai uusiminen 6...10 vuoden kuluessa
1	heikko, uusitaan 1...5 vuoden kuluessa

* Taulukko löytyy RT 18-11131. 2013. Asuinkiinteistön kuntoarvio. Kuntoarvioijan ohje. Helsinki: Rakennustieto Oy.

S_{ami} Y_{rjösuuri}

Sami Yrjösuuri

xxx xxx xxxx

Melkein rak. insinööri

Kouvolan Kunto&Tutkimus

S. Yrjösuuri

PIIRRUSTUSLUETTELO

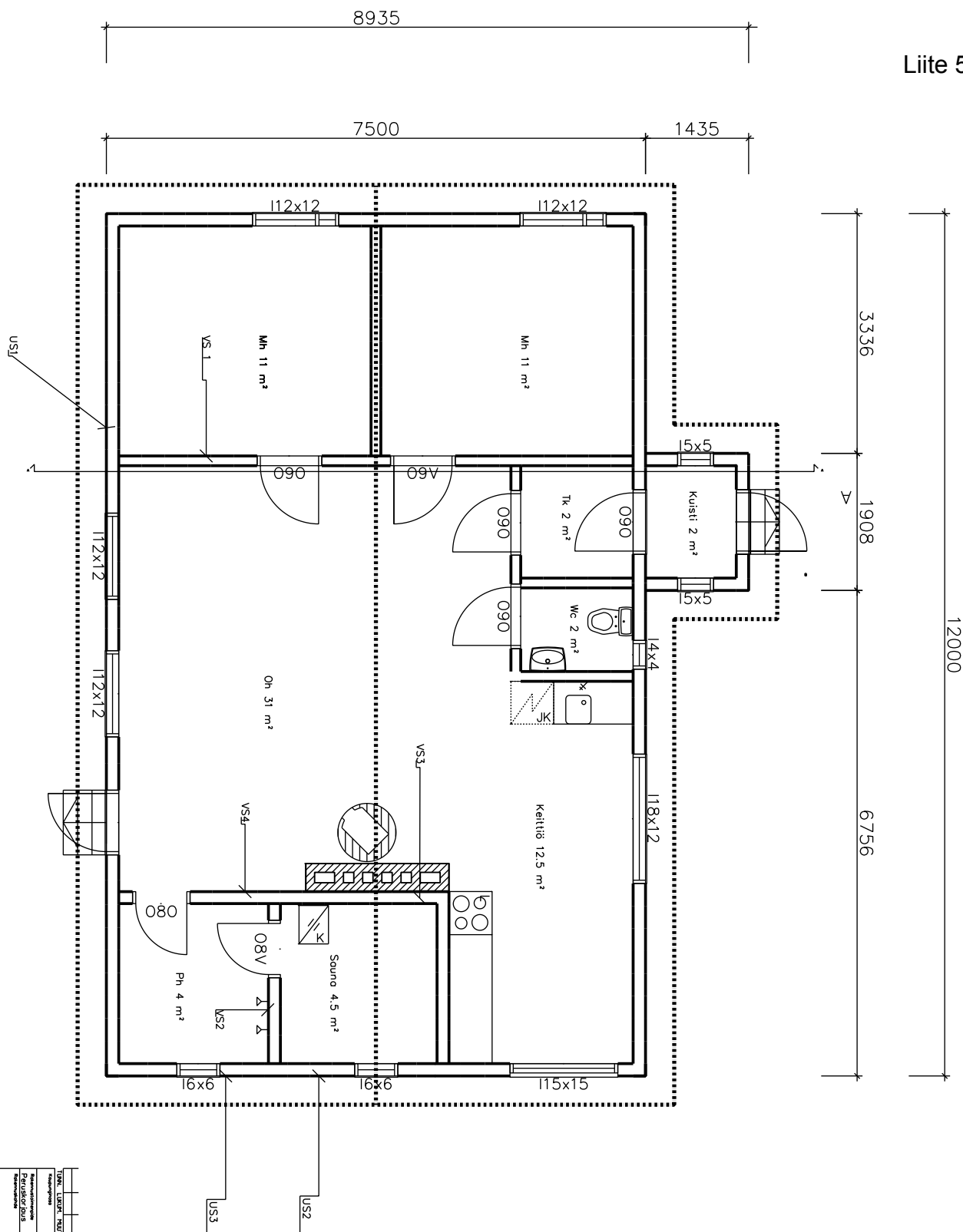
15.10.15

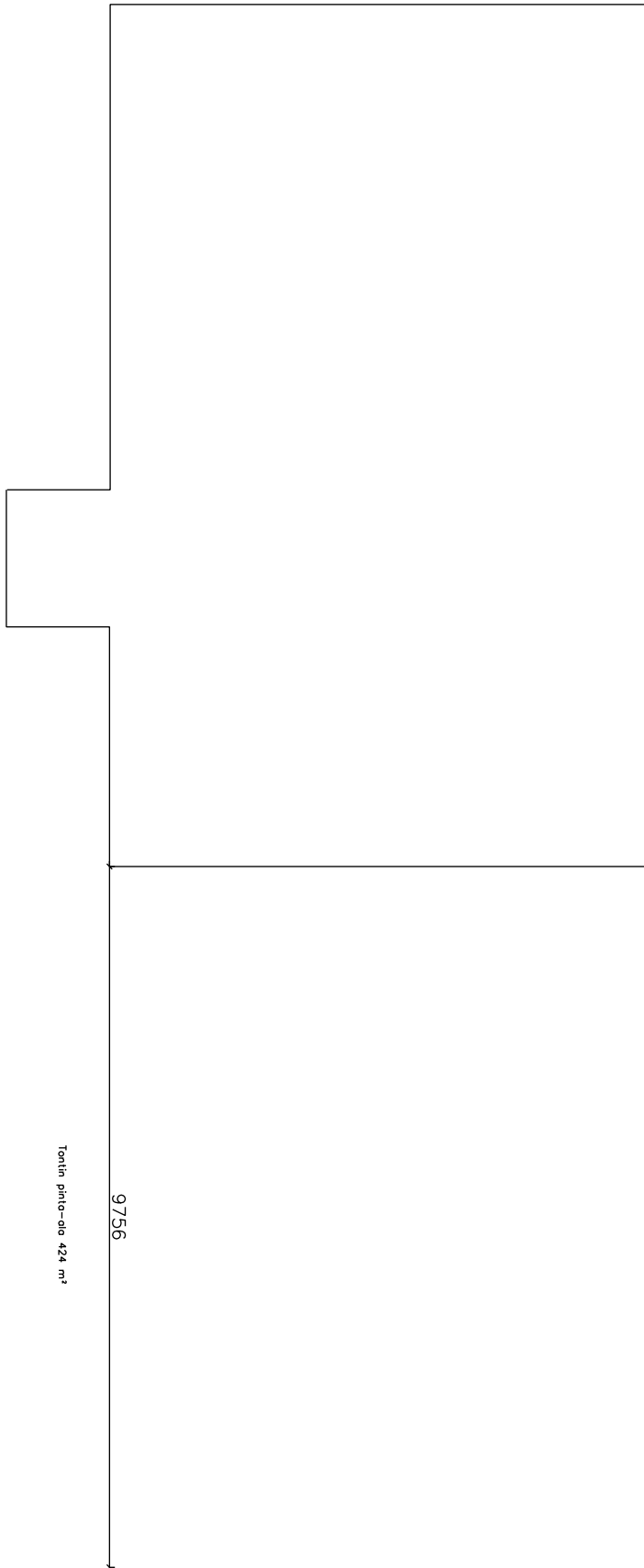
TYÖ: Peruskorjaus

Työnro: 1

PIIRRUSTUS	PVM	PIIRRUSTUKSEN SISÄLTÖ
1	1.10.2015	POHJAPIIRRUSTUS
2	1.10.2015	ASEMAPIIRROS
3	1.10.2015	JULKISIVUT
4	1.10.2015	A-A LEIKKAUS

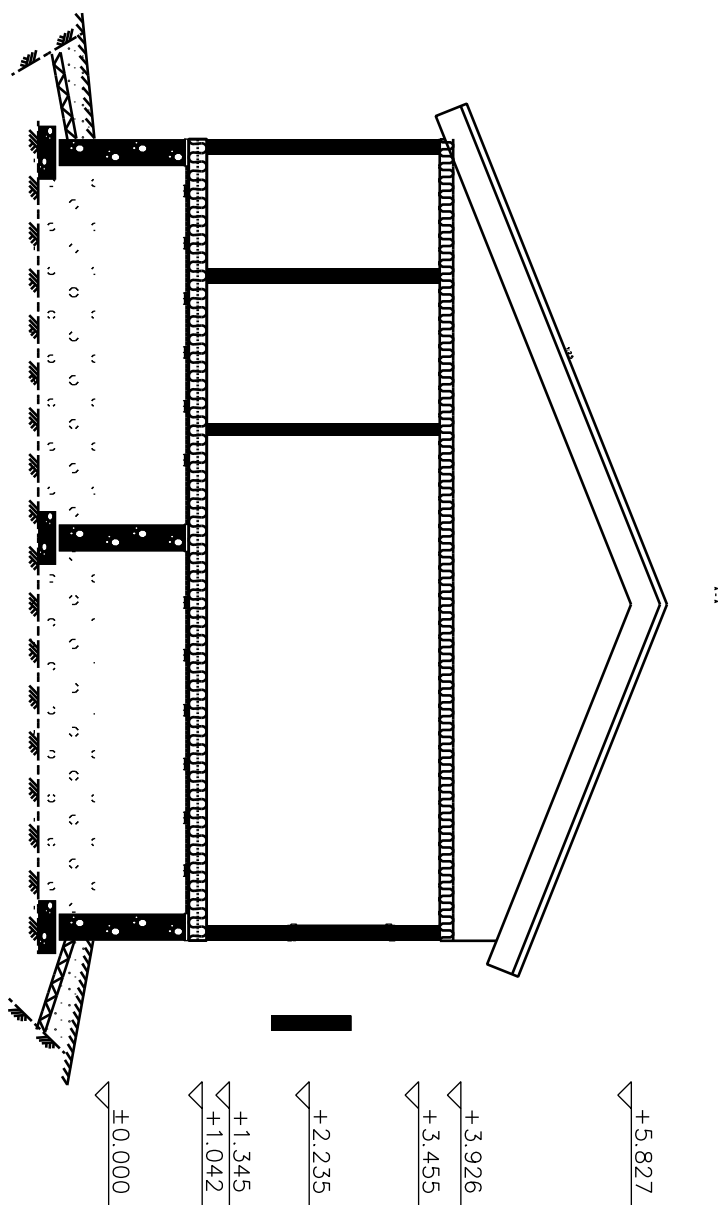
MUUTOSKUVAT	PVM	PIIRRUSTUKSEN SISÄLTÖ
5	1.10.2015	POHJAPIIRRUSTUS
6	1.10.2015	US 1 LEIKKAUS
7	1.10.2015	US 2 LEIKKAUS
8	4.10.2015	US 3 LEIKKAUS
9	15.10.2015	VS1 LEIKKAUS
10	31.10.2015	VS2 LEIKKAUS
11	31.10.2015	VS3 LEIKKAUS
12	31.10.2015	VS4 LEIKKAUS
13	8.10.2015	YP LEIKKAUS
14	8.10.2015	AP LEIKKAUS

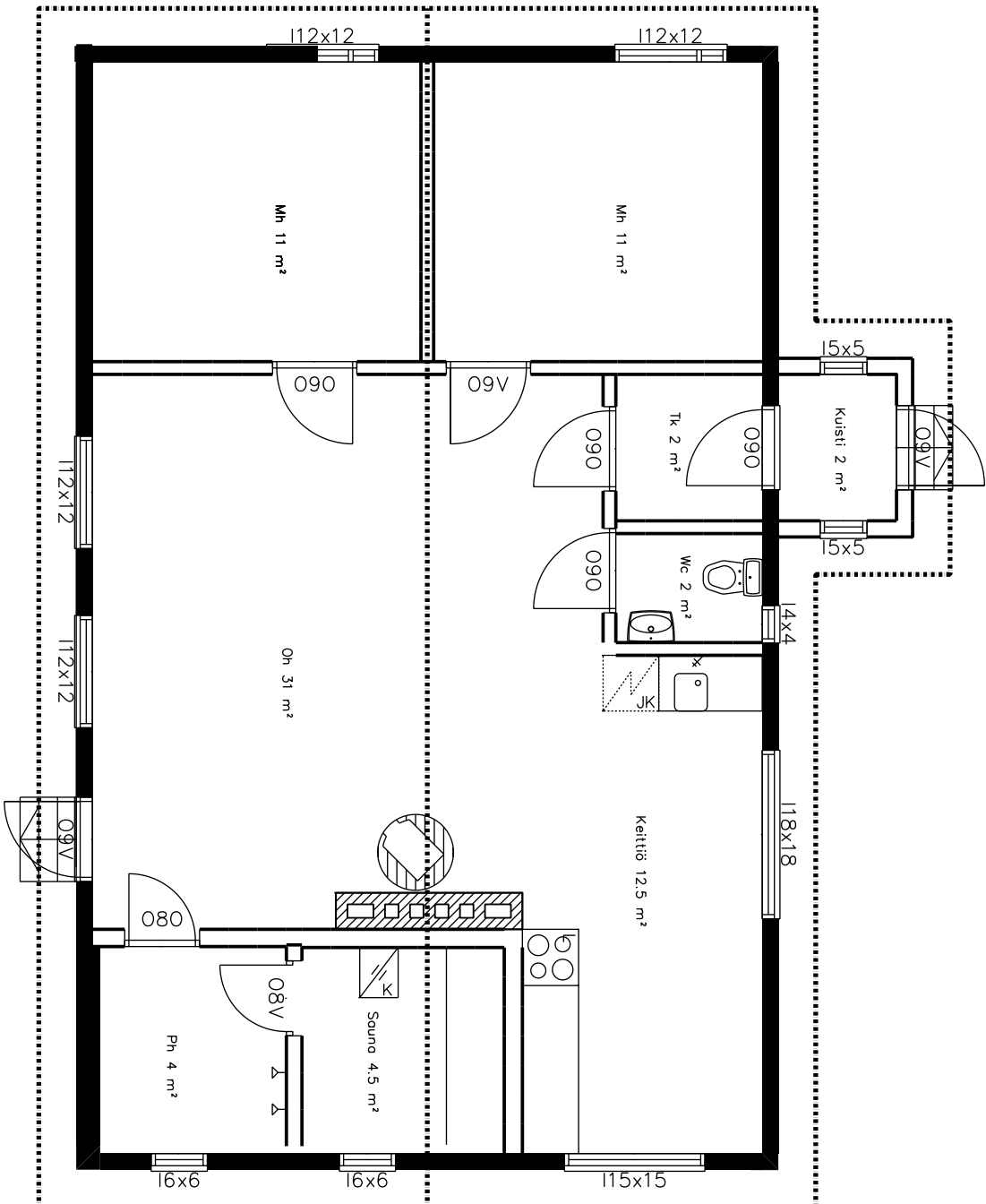
[illegible]



Maantie

Item	Lot/Kit	Ref/ID	Manufacturer	Material	Volume	Preparation	Storage	Expiry
Reagents/Controls								
Reagents/Controls				140364		Preparation	Storage	
						ASEMAMIRUSUS		1:50
						Antisera, IgG anti-P. putrescentiae serum		
						ARKK /		
						Antisera		
Notes, comments, date opening & location								
10.10.2015			Sent to BMRB, RML INS					

[illegible]

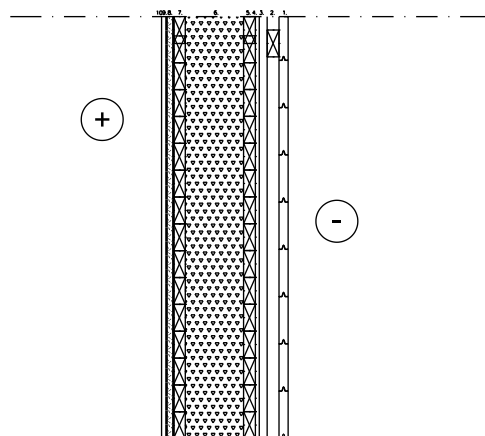


Muutokset esitetty paksulla mustalla

[illegible]

Rakenneleikkaukset**Työnro****pvm****1.10.2015****Mittakaava****1:10**

Uusi rakenne, sisäpuolinen tiivistäminen



1. Ulkoverhoilu
2. Pystykoolaus 22*50 k-400
3. Ilmarako 22mm
4. Tervopaperi
5. Lauta 22mm
6. Runko 50*100 ja purueriste
7. Lauta 22mm
8. Tuulileijona 12mm
9. Huokolevy
10. Pintaverhoilu (tapetti)

U-arvo 0,640 W/m²K

Rakennuskohde

Piirustuksen sisältö sivu

US2 leikkaus

2/9

Rakenneleikkaukset

Työnro

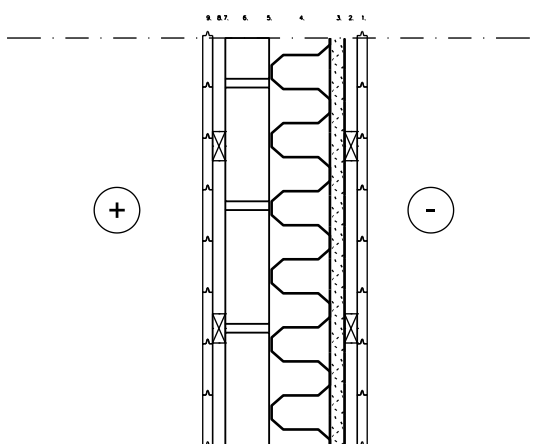
pvm

1.10.2015

Mittakaava

1:10

Vanha rakenne



1. Ulkoverhoilu
2. Pystykoolaus 22*50 k=400
+ ilmarako 22mm
3. Tuulensuojalevy 25mm
4. Runko 50x100 +
lämmöneriste
5. Ilmansulkupaperi
6. Tiili 75x195
7. Alumiinipaperi
8. Pystykoolaus 22x100 +
ilmarako
9. Paneeliverhoilu

U-arvo 0,314

Rakennuskohde

Piirustuksen sisältö

sivu

US3 leikkaus

3/9

Rakenneleikkaukset

Työnro

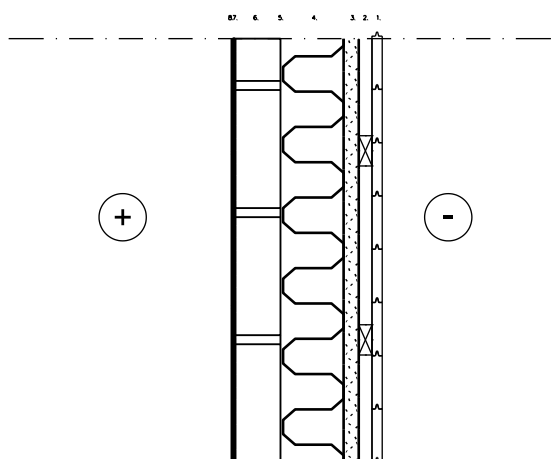
pvm

4.10.2015

Mittakaava

1:10

Vanha rakenne



1. Ulkoverhoilu
2. Pystykoolaus 22*50 k-400
+ ilmarako 22mm
3. Tuulensuojalevy 25mm
4. Runko 50x100 k600 +
lämmöneriste
5. Ilmansulkupaperi
6. Tiili 75x195
7. Vedeneriste
8. Keraaminen laatta

U-arvo 0,314

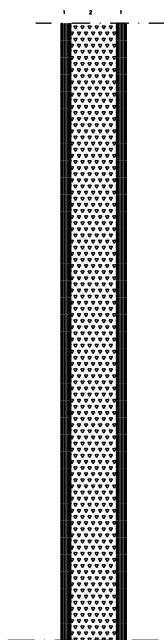
<i>Rakennuskohde</i>	<i>Piirustuksen sisältö</i>	<i>sivu</i>
	VS1 leikkaus	4/9

Rakenneleikkaukset

Työnro ***pvm***
15.10.2015

Mittakaava

1:10



1. Rakennuslevy
 2. Runkotalpat 50x100 k600
- + purueriste

Rakennuskohde

Piirustuksen sisältö

sivu

VS2 leikkaus

5/9

Rakenneleikkaukset

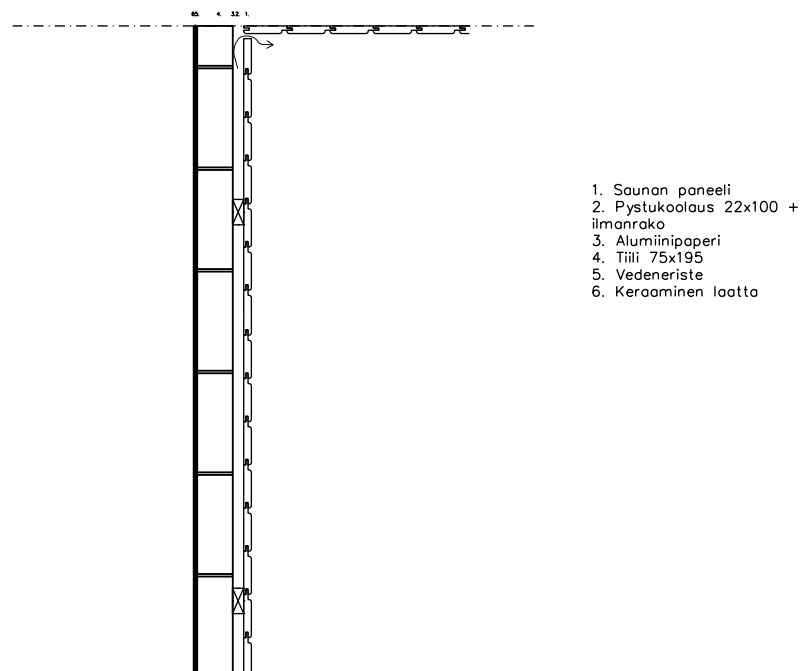
Työnro

pvm

31.10.2015

Mittakaava

1:10



Rakennuskohde

Piirustuksen sisältö

sivu

VS3 leikkaus

6/9

Rakenneleikkaukset

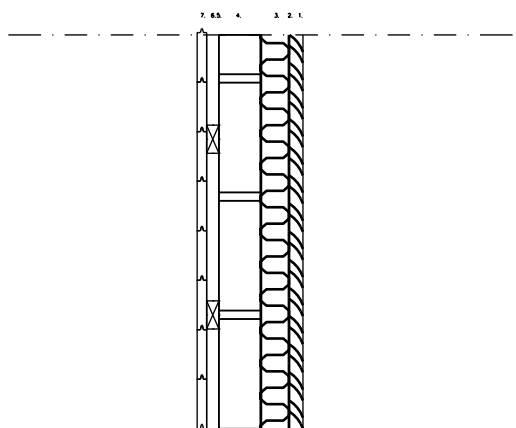
Työnro

pvm

31.10.2015

Mittakaava

1:10



1. Sisäverhoilulevy
2. Ilmansulkupaperi
3. Runko 50x50 +
lämmöneriste
4. Tiili 75x195
5. Alumiinipaperi
6. Pystukoolaus 22x100 +
ilmanrako
7. Paneeliverhoilu

Rakenneleikkaukset

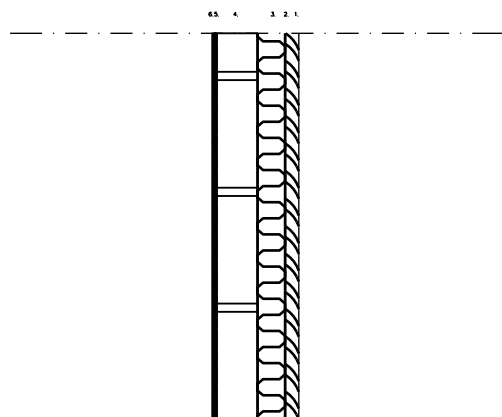
Työnro

pvm

31.10.2015

Mittakaava

1:10



1. Sisäverhoilulevy
2. Ilmansulkupaperi
3. Runko 50x50 +
lämmöneriste
4. Tiili 75x195
5. Vedeneriste
6. Keraaminen laatta

Rakennuskohde

Piirustuksen sisältö sivu

YP leikkaus

8/9

Rakenneleikkaukset

Työnro

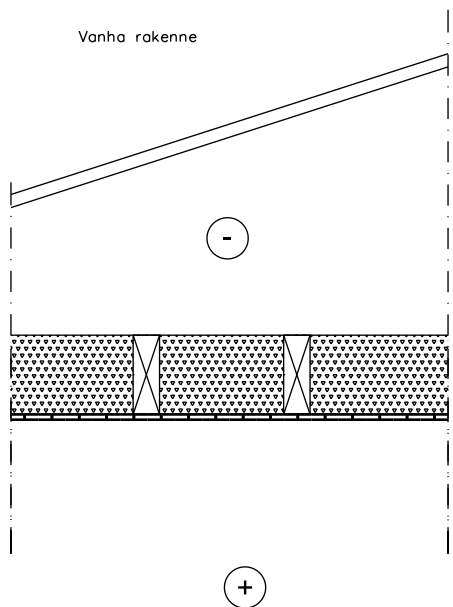
pvm

8.10.2015

Mittakaava

1:10

Vanha rakenne



U-arvo 0,572W/m²K

1. Vesikate
2. Lievästi tuulentuva tila
3. Kantavat palkit 50*150 + sahanpuru 150mm
4. Tervapaperi
5. Laidoitus 22*100
6. Sisäverhous

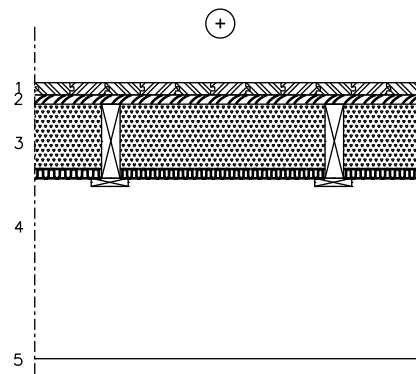
<i>Rakennuskohde</i>	<i>Piirustuksen sisältö</i>	<i>sivu</i>
	AP leikkaus	9/9

Rakenneleikkaukset

Työnro **pvm**
8.10.2015

Mittakaava

1:10



- 1 Lattialauta 28x95mm
- 2 Rakennuslevy 25mm ja alla tervapaperi
- 3 Sahanpuru 200mm
ja lattiakannattajat
- 4 Tuulensuoja 25mm
- 5 Lauta 25x150mm
Tuuletettu ryömintätila
maan pinta

Korjaustyöseloste

Kohde:

xxxx

xxxx

xxxx

Sisällys

Korjaustyöseloste	1
1. KOHTEEN YLEISTIEDOT	3
Noudatettavat asiakirjat	4
Rakennusvälineet	4
Työsuoritukset.....	4
Lisävauriotyömaan havainnot	4
1. KORJAUSSUUNNITTELUUN JA KORJAUKSEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	4
2 Lattian tiivistys	5
2.1. Purkaminen ja kasaus	5
3 Alapohjan, yläpohjan ja ulkoseinien välisten liitosten tiivistäminen.....	5
3.1. Purkaminen ja kasaus	5
4. Ikkunoiden tiivistäminen	6

KOHTEEN YLEISTIEDOT

Kohde xxxx
 xxxx
 xxxx

Tilaaja x
 xxxx
 xxxx
 Puh xxxx

Suunnittelija Kouvolan Kunto&tutkimus
 Sami Yrjösuuri, melkein rakennusinsinööri
 Kouvolankatu 1
 45100 Kouvola
 Puh xxx xxx xxxx

Noudatettavat asiakirjat

Korjaustyössä noudatetaan tämän työselostuksen ohella tähän työhön laadittuja pohja- ja leikkauspiirustuksia sekä voimassaolevia rakentamista koskevia lakeja, asetuksia, määräyksiä ja ohjeita.

Rakennusvälineet

Urakoitsija hankkii ja kustantaa rakennustyössä tarvittavat työvälineet, koneet ja apulaitteet. Käytettävien työvälineiden, koneiden tms. tulee olla tarkoituksenmukaisia ja täyttää tarvikkeiden asiallisen käsittelyn ja työturvallisuuden asettamat vaatimukset.

Työsuoritukset

Urakoitsijan on noudatettava työn aikana työ- ja henkilöturvallisuutta koskevia viranomaisten antamia määräyksiä ja ohjeita sekä huolehdittava kaikkien työ- ja henkilösuojausvaatimusten toteutumisesta.

Urakoitsija on velvollinen hankkimaan ja huolehtimaan työmaa-aikaisesta siivouksesta, purkutöiden jälkeisestä siivouksesta sekä loppusiivouksesta.

Lisävauriotyömaan havainnot

Mikäli vaurion havaitaan tai epäillään olevan tutkittua aluetta laajempi, tulee työt keskeyttää ja ilmoittaa asiasta välittömästi rakennuttajalle, työnjohtajalle, valvojalle ja korjaussuunnittelijalle.

Yleistä tästä suunnitelmasta

Tämä korjaussuunnitelman työselostus on tehty x:n pyynnöstä ko. omakotitalon lisäeristämiseksi. Suunnitelma pohjautuu Kouvolan Kunto&Tutkimuksen kuntotutkijoiden tekemiin kuntotutkimuksiin talossa.

Korjaussuunnitelmassa otetaan kantaa ainoastaan alapohjan, yläpohjan ja ulkoseinien välisten liitosten tiivistämiseen, lattian ulkoreunojen tiivistämiseen ja ikkunoiden tiivistämiseen. Korjaamislaajuuteen vaikuttaa asiakkaan päätökset.

Tiivistykset on purkamisen takia syytä tehdä peräkkäin, paitsi osa ikkunoita koskevista tiivistyksistä voidaan tehdä eri aikaan.

1. KORJAUSSUUNNITTELUUN JA KORJAUKSEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Korjaussuunnitelmaa sekä työselostusta voidaan joutua tarkentamaan vielä korjaustöiden aikana, mikäli rakenteista avattaessa tulee uutta tietoa. Tällöin myös korjaustyöt saattavat viivästyä.

Mikäli purkutyön aikana huomataan epäkohtia esim. seinärakenteissa, on välittömästi keskeytettävä työ ja otettava yhteyttä työnjohtajaan ja valvojaan.

2 Lattian tiivistys

2.1. Purkaminen ja kasaus

Huoneista irrotetaan varovasti huone kerrallaan lattia- ja mahdolliset nurkkalistat. Mahdollisen purkamista estävät kiinto- ja vesikalusteet irrotetaan.

Seinän viereltä puretaan varovasti uloimmat kaksi kehyslautaa. Päädyissä ei ole kehyslautoja, joten lattialautojen päädyistä sahataan kahden laudan levyinen pala pois. Alta paljastuneesta puulevystä sahataan aukon levyine pala pois, jotta päästään eristetilaan. Eristetilasta mitataan vaakajuoksujen välinen etäisyys ja sahataan puukuitulevystä vaakajuoksujen väliin juoksujen sopiva levy. Levy asennetaan vaakajuoksujen väliin (jos mahdollista) hieman ulkoseinän alle juoksujen tasolle purujen päälle. Mikäli purueriste ei ole tarpeeksi painunut ja puukuitulevy ei asetu vaakajuoksujen yläpinnan tasolle niin sahanpuruja siirretään lattialautojen alle välillä sovitellen tai mikäli sahanpurua ei mahdu lautojen alle, niin poistetaan. Lopuksi asennetaan tehdään kannakkeet puulevyn kiinnittämistä varten esim. 22x100 puusta ja asennetaan puulevy paikoilleen. Sahattujen lattialautojen päihin asennetaan uudet pohjamaalatut saman paksuiset lattialaudat. Irrotetut kehyslaudat asennetaan paikoilleen. irrotetut lattialaudat ja sahattuun päähän asennetaan uusi pohjamaalattu lauta. Lopuksi päissä olevat kehyslaudat maalataan uudestaan kahteen kertaan lattialaudoituksen väriin sävytetyllä öljymaalilla.

3 Alapohjan, yläpohjan ja ulkoseinien välisten liitosten tiivistäminen

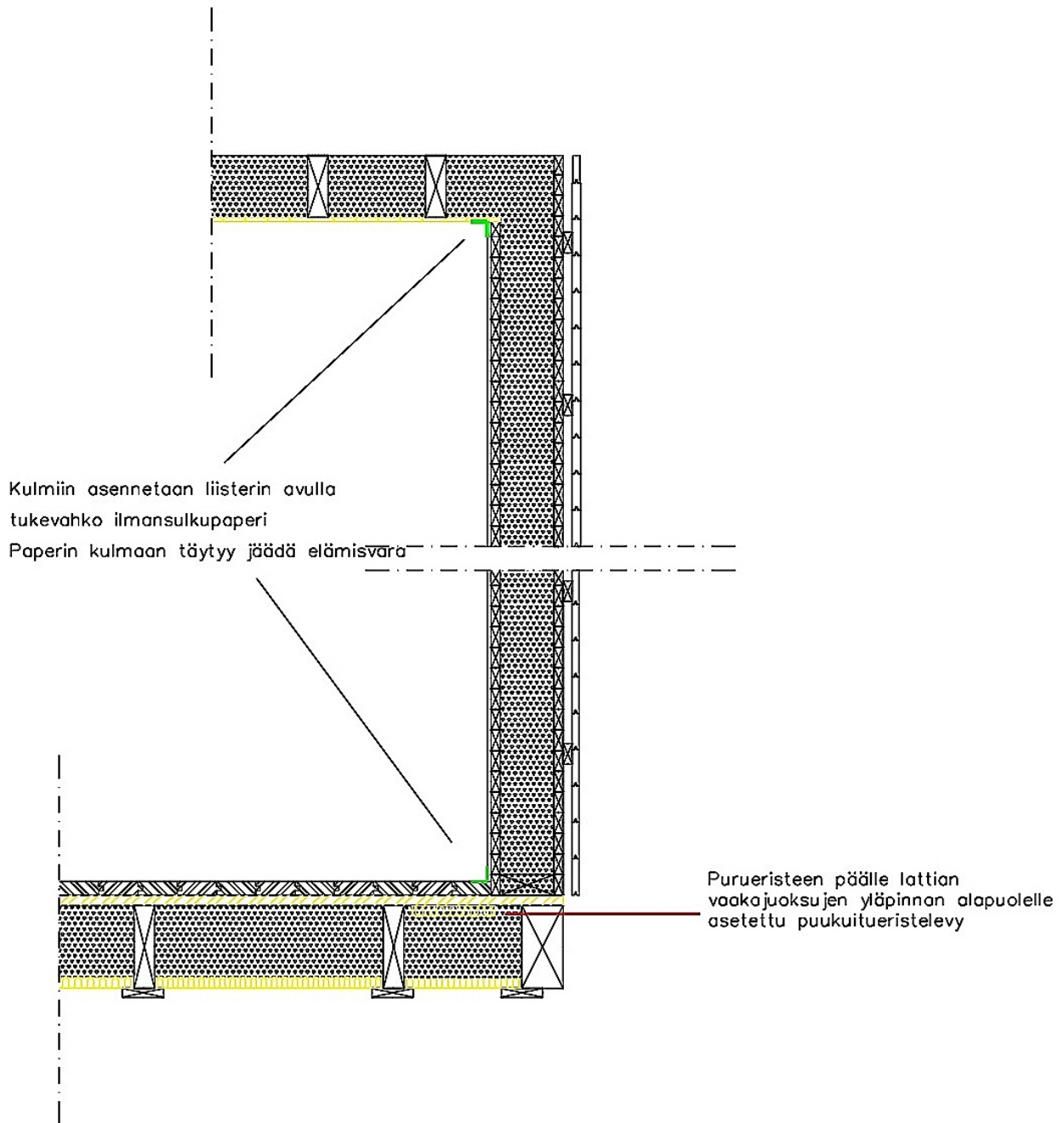
3.1. Purkaminen ja kasaus

Mikäli mahdollisia kattolistoja ei ole vielä irrotettu, niin ne irrotetaan ensin.

Lattian ja ulkoseinän sekä katon ja ulkoseinän väliseen nurkkaukseen asennetaan liisterin avulla tukevahko ilmansulkupaperi. Paperin asennuksessa on huomioitava se, että paperin kulmaan täytyy jäädä elämisvara.

Ulkoseinän nurkissa toimitaan samalla tavoin kuin seinän ja yläpohjan kohdalla.

Lopuksi asennetaan listat takaisin paikoilleen.



4. Ikkunoiden tiivistäminen

Ikkunoiden kohdalla tarkastetaan karmin tiivisteet ja tiivistämällä sisäpokat eli –puitteet.

Karmin ja seinärakenteen välinen tiivistäminen tapahtuu irrottamalla sisäpuolen vuorilaudat. Tilke tasataan ja tarvittaessa lisätään käyttäen esim. pellavarivettä. Lisääminen tapahtuu sullomalla, mutta ei liian tiukkaan. Lopuksi karmin ja seinärakenteen väliin asennetaan liisteröimällä liimapaperitiiviste huomioiden liikuntasauman jättämisen liimapaperin keskelle.

Puitteiden ja karmin välinen tiivistäminen tapahtuu molempien puitteiden tiivistämisellä ikkunatiivisteellä. Jos talvella lasi huurtuu, leikataan aluksi ulkopuitteen yläosasta pieni pala tiivistettä pois, jos ei auta, niin samasta kohtaa sisäpuitetta pala poistetaan.

Talvisin voi ikkunaan asentaa ikkunaliimapaperi sisäikkunan ja karmin välien tiivistämiseen (raon voi myös täyttää ensin pumpulilla). Ikkunaliimapaperin asennusohjeet: leikkaa liimapaperi sopivan pituiseksi ja käytä sitä vesiastiassa. Aseta paikoilleen kosteana ja anna kuivua.

Ikkunan lasikittaukset on syytä tiivistää huoltomaalauksen yhteydessä.

Sami Yrjösuuri

Sami Yrjösuuri

xxx xxx xxxx

Melkein rak. insinööri

Kouvolan Kunto&Tutkimus